

# 大型廃棄物保管庫の揚重設備及び架台設置に係る実施計画の変更について

2020年12月16日（第7回面談）

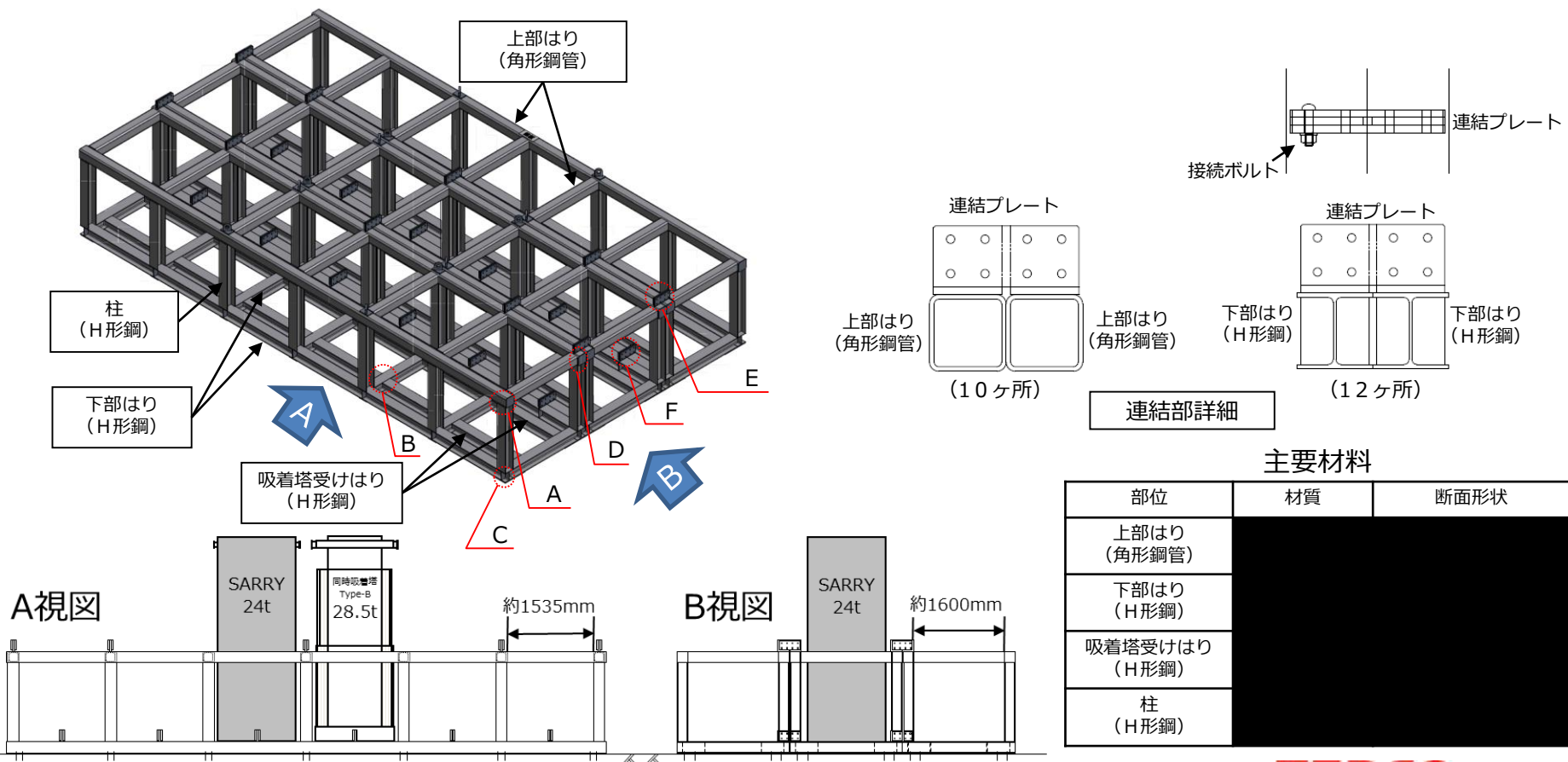
The logo for TEPCO (Tokyo Electric Power Company) is displayed in red, bold, uppercase letters.

---

東京電力ホールディングス株式会社

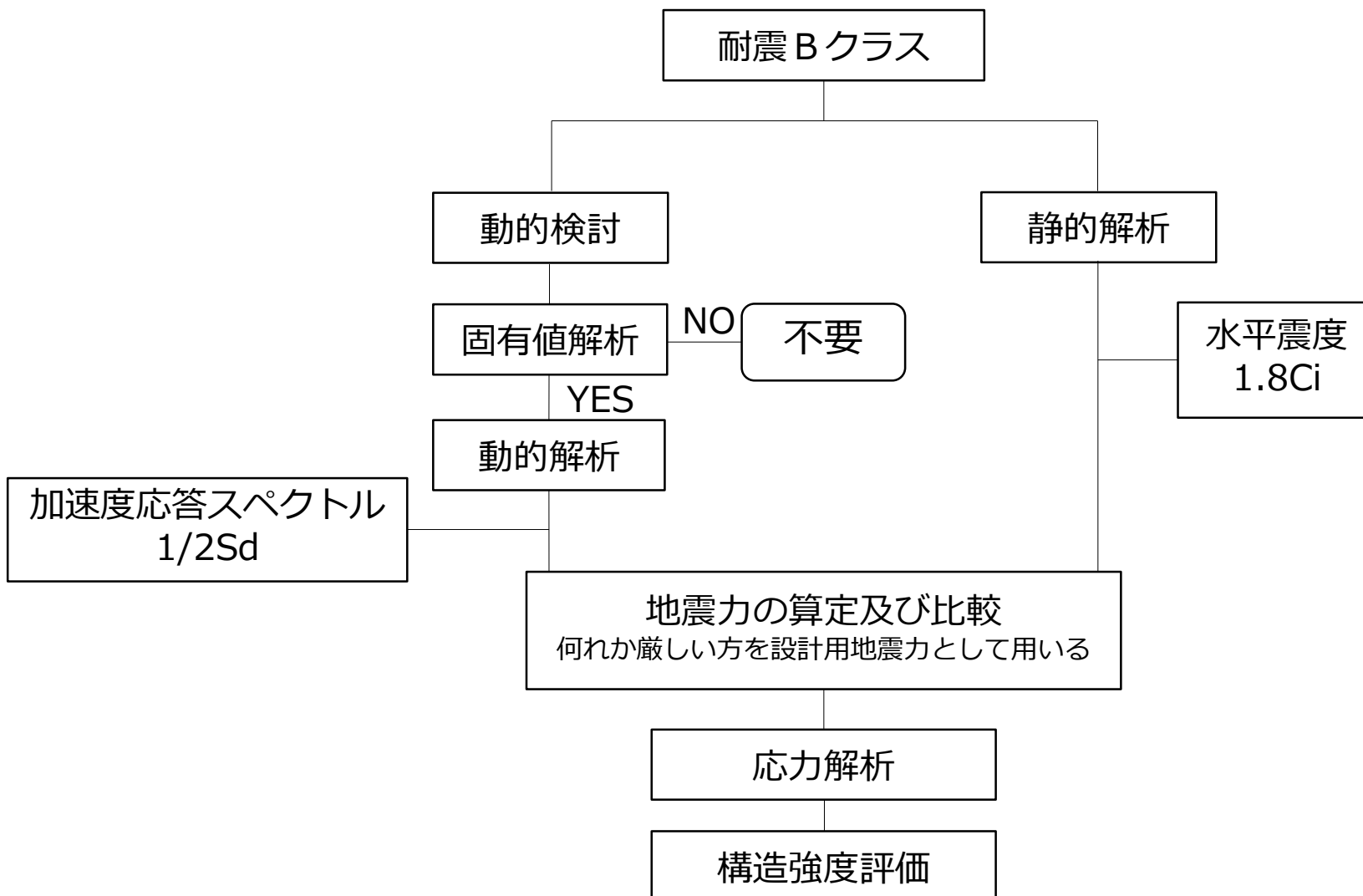
# 架台の構造について

- 架台は使用済吸着塔を6体格納できるもので、角形鋼管とH型鋼を溶接して構成したものである
- 設置にあたっては、架台3台を連結プレートと接続ボルトで連結した構造(18体/基)とする
- 18体/基格納できるSARRY架台を、貯蔵エリアあたり10組設置する
- 架台は貯蔵エリア(北)及び貯蔵エリア(中)に設置する
- 使用済吸着塔の格納は、架台下部の吸着塔受けはりに静置するものとし、架台への固定は行わない



# 架台の耐震性評価の流れ

- 架台の耐震性評価については、JEAG4601に従い以下の通り実施する。



# 大型廃棄物保管庫設置工程

項目	2020年												2021年												2022年												2023年		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
	▽6/1 大型廃棄物保管庫設置工事着手												▽大型廃棄物保管庫設置工事竣工												▽吸着塔保管開始														
大型廃棄物保管庫 建屋設置工事 換気設備、 電源・計装設備 設置工事	基礎工事												鉄骨・外装・屋根工事																										
													換気設備、電源・計装設備 設置工事																										
揚重設備・ 使用済吸着塔保管架台 設置工事	揚重設備材料手配・製作												▽据付工事着手																										
													揚重設備据付																										
																									保管架台材料手配・製作														
																									▽保管架台設置工事着手												▽使用前検査		
																									10基設置 (180体分)														
																																				10基設置			

大型廃棄物保管庫の揚重設備及び架台設置に係る実施計画の変更について  
2020年12月16日（第7回面談）

大型廃棄物保管庫橋形クレーンの  
耐震性についての計算書（案）

評価結果は，評価が完了次第記載

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 配置事項	1
2.2 構造計画	2
2.3 評価方針	4
2.4 適用基準	5
2.5 記号の説明	6
2.6 計算精度と数値の丸め方	9
3. 評価部位	9
4. 地震応答解析及び構造強度評価	10
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
4.3 解析モデル及び諸元	12
4.4 設計用地震力	14
4.5 計算方法	16
4.6 計算条件	24
4.7 応力の評価	24
5. 評価結果	25
5.1 評価結果	25

## 1. 概要

本資料は、大型廃棄物保管庫橋形クレーン（以下、「クレーン」という。）が設計用地震動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、**大型廃棄物保管庫建屋及び貯蔵エリア**に保管された使用済吸着塔に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置事項

クレーンは、図 2-1 の位置関係図に示すように、**耐震評価上**、上位クラスである大型廃棄物保管庫**建屋及び使用済吸着塔**に対し、転倒またはトロリの落下により波及的影響を及ぼすおそれがある。

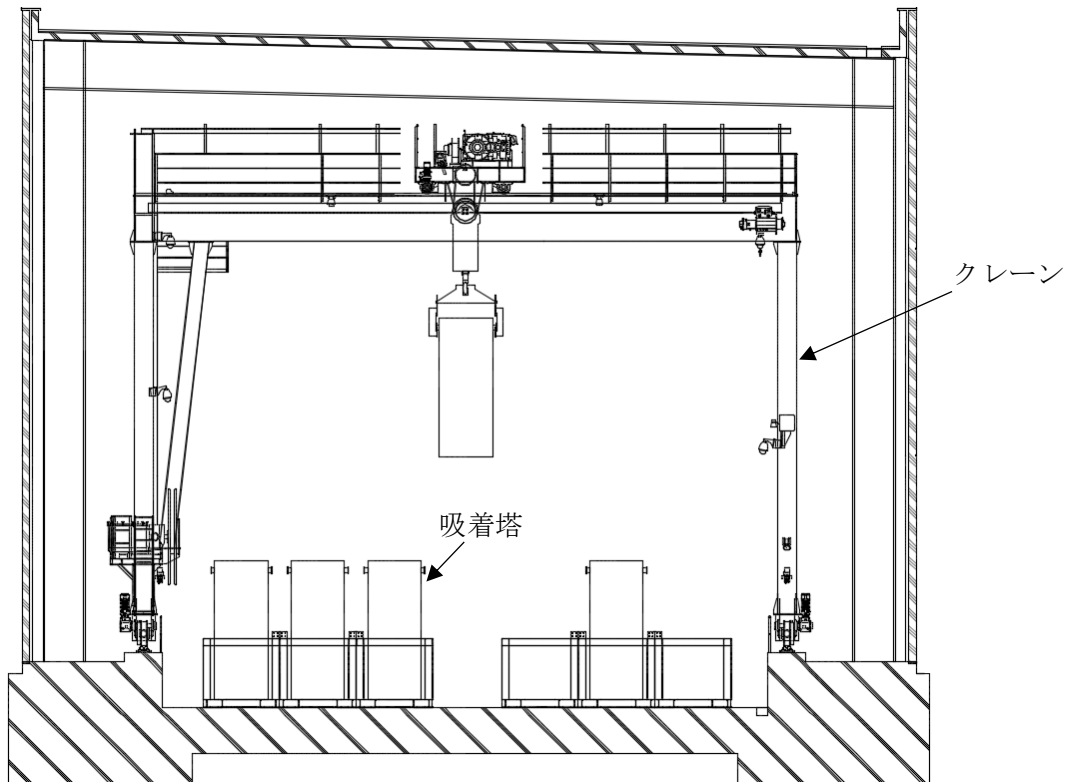
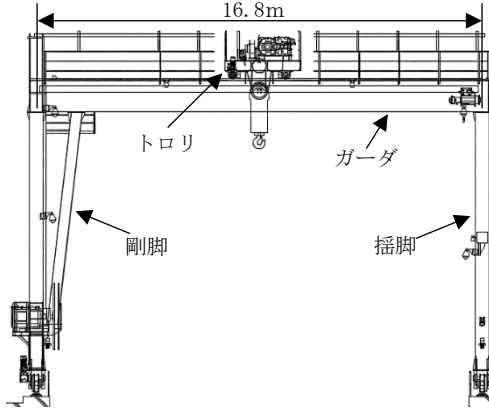
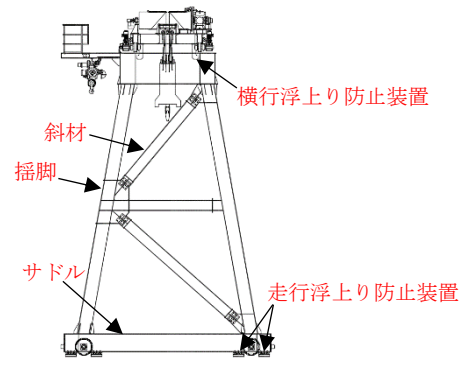
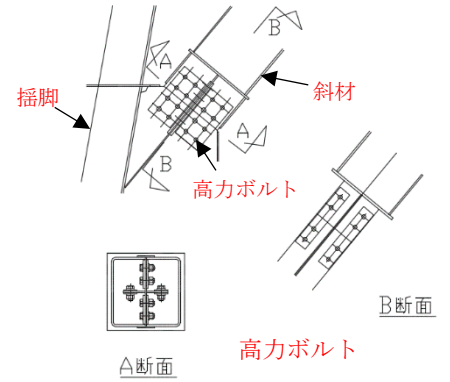


図 2-1 クレーンと使用済吸着塔の位置関係図

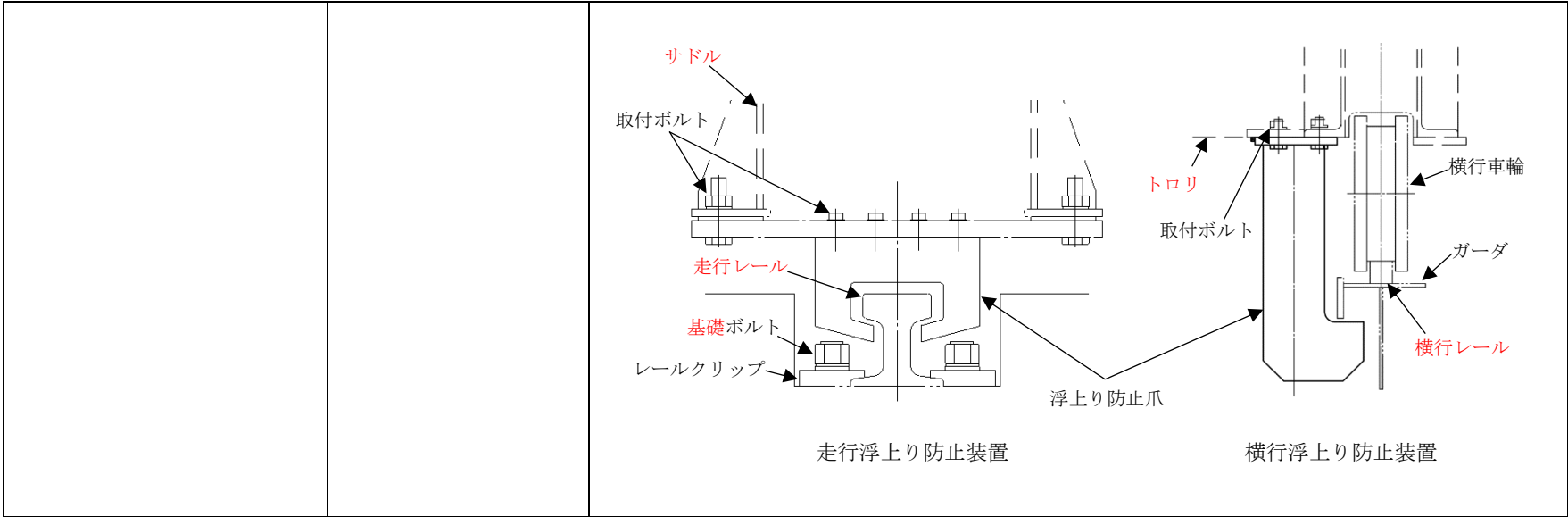
2.2 構造計画

クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 クレーンの構造計画

計画の概要		概略構造図	
基礎・支持構造	主体構造		
クレーンは大型廃棄物保管庫に設置された走行レールにより支持される。トロリは、ガーダに設置された横行レールにより支持される。	クレーン本体 ガーダ トロリ サドル 揺脚 剛脚	 <p>16.8m トロリ ガーダ 剛脚 揺脚</p>	 <p>斜材 揺脚 サドル 横行浮上り防止装置 走行浮上り防止装置</p>
		クレーン本体	 <p>揺脚 斜材 高力ボルト A断面 B断面 高力ボルト</p>





### 2.3 評価方針

クレーン本体及び各構造物（浮上り防止装置，走行レールレールクリップ及び基礎ボルト（以下，「走行レール取付部材」という。））について，設計用地震力に対する応力評価及びクレーン本体の変形による建屋への接触に対する評価を行い，クレーン本体の変形，転倒またはトロリの落下により，大型廃棄物保管庫建屋及び使用済吸着塔への波及的影響を及ぼさないことを確認する。

クレーンの応力評価は，クレーンの3次元梁モデルを用いた応答スペクトル法により解析を行い，その結果を3方向SRSSにて組合せて応力評価することとし，部材評価は引張応力，せん断応力，圧縮応力，曲げ応力，組合せ応力の5つを評価する。

評価については，「2.2 構造計画」にて示すクレーンの部位を踏まえ，「3. 評価部位」にて設定する箇所において，「4. 地震応答解析及び構造強度評価」に示す方法にて設計用地震動に基づく応力等が許容限界内に収まることを「5. 評価結果」に示す。

クレーンの耐震評価フローを図2-2に示す。

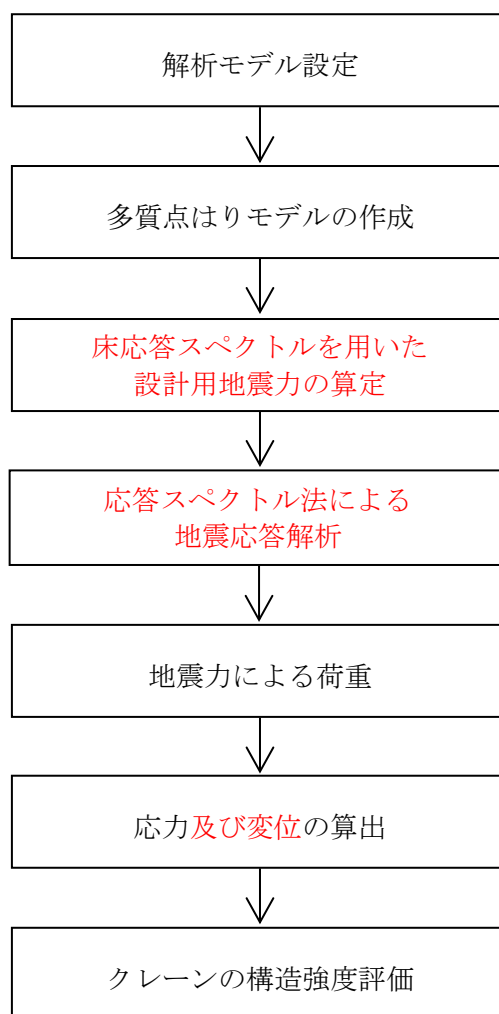


図 2-2 クレーンの耐震評価フロー

## 2.4 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 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。)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984, J E A G 4 6 0 1 - 1987 及び J E A G 4 6 0 1 - 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)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術規程 (J E A C 4 6 0 1 - 2008) (日本電気協会 原子力規制委員会 平成20年12月)

## 2.5 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A <sub>1</sub>	R <sub>1</sub> 軸方向の力を受ける断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> 軸方向の力を受ける断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>3</sub>	R <sub>3</sub> 軸方向の力を受ける断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>4</sub>	走行浮上り防止装置爪の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>5</sub>	横行浮上り防止装置爪の断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>6</sub>	走行レールレールクリップの断面積	mm <sup>2</sup>
Ab <sub>1</sub>	高力ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
Ab <sub>2</sub>	走行浮上り防止装置取付ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
Ab <sub>3</sub>	横行浮上り防止装置取付ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
Ab <sub>4</sub>	走行レール基礎ボルトの断面積	mm <sup>2</sup>
D	死荷重	N
l <sub>1</sub>	走行浮上り防止装置爪とレールの接触幅	mm
l <sub>2</sub>	レール接触面から爪接合部までの距離	mm
M <sub>1</sub>	R <sub>1</sub> 軸廻りのモーメント	N・mm
M <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> 軸廻りのモーメント	N・mm
M <sub>3</sub>	R <sub>3</sub> 軸廻りのモーメント	N・mm
M <sub>4</sub>	走行浮上り防止装置爪に作用する P <sub>2</sub> による曲げモーメント	N・mm
M <sub>5</sub>	横行浮上り防止装置爪に作用する P <sub>1</sub> による曲げモーメント	N・mm
M <sub>6</sub>	走行レールレールクリップに作用する水平方向曲げモーメント	N・mm
M <sub>7</sub>	走行レールレールクリップに作用する鉛直方向曲げモーメント	N・mm
N <sub>b</sub>	高力ボルト 1 本あたりに作用する引張力	N
M <sub>d</sub>	機械的荷重	N
P <sub>1</sub>	クレーンの浮上り荷重	N
P <sub>2</sub>	走行浮上り防止装置爪 1 個当たりの荷重	N
P <sub>b1</sub>	走行浮上り防止装置取付ボルト 1 本当たりの荷重	N
P <sub>b2</sub>	横行浮上り防止装置取付ボルト 1 本当たりの荷重	N
P <sub>t</sub>	走行レール基礎ボルト 1 本あたりに作用する引張荷重	N
P <sub>d</sub>	最高使用圧力による荷重	N
Q <sub>b</sub>	高力ボルト 1 本あたりに作用するせん断力	N
R <sub>1</sub>	水平軸方向の引張力	N
R <sub>2</sub>	鉛直軸方向のせん断力	N
R <sub>3</sub>	水平軸方向のせん断力	N
S <sub>1</sub>	走行レールレールクリップに作用する水平方向せん断力	N
S <sub>2</sub>	走行レールレールクリップに作用する鉛直方向せん断力	N

記号	記号の説明	単位
S <sub>b</sub>	走行レール <b>基礎</b> ボルト 1 本あたりに作用するせん断荷重	N
S <sub>B</sub>	Bクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力	N
S <sub>u</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値	MPa
T <sub>1</sub>	走行レールレールクリップに作用する <b>水平方向</b> 引張力	N
T <sub>2</sub>	走行レールレールクリップに作用する <b>鉛直方向</b> 引張力	N
Z <sub>1</sub>	M <sub>3</sub> を受ける断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>2</sub>	M <sub>2</sub> を受ける断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>3</sub>	走行浮上り防止装置爪の断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>4</sub>	横行浮上り防止装置爪の断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>5</sub>	走行レールレールクリップの断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>p1</sub>	R <sub>2</sub> 軸方向の応力を組み合わせる時の M <sub>1</sub> を受けるねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
Z <sub>p2</sub>	R <sub>3</sub> 軸方向の応力を組み合わせる時の M <sub>1</sub> を受けるねじり断面係数	mm <sup>3</sup>
σ <sub>1</sub>	本体部材に作用する組合せ軸応力	MPa
σ <sub>b1</sub>	本体部材に作用する組合せ曲げ応力	MPa
σ <sub>b2</sub>	走行浮上り防止装置爪に作用する曲げ応力	MPa
σ <sub>b3</sub>	横行浮上り防止装置爪に作用する曲げ応力	MPa
σ <sub>b4</sub>	走行レールレールクリップに作用する曲げ応力	MPa
σ <sub>c</sub>	本体部材に作用する圧縮応力	MPa
σ <sub>k1</sub>	本体部材に作用する組合せ応力	MPa
σ <sub>k2</sub>	走行浮上り防止装置爪に作用する組合せ応力	MPa
σ <sub>k3</sub>	横行浮上り防止装置爪に作用する組合せ応力	MPa
σ <sub>k4</sub>	走行レールレールクリップに作用する組合せ応力	MPa
σ <sub>t1</sub>	本体部材に作用する引張応力	MPa
σ <sub>t2</sub>	<b>高力ボルト 1 本あたり</b> に作用する引張応力	MPa
σ <sub>t3</sub>	走行浮上り防止装置取付ボルト 1 本あたりに作用する引張応力	MPa
σ <sub>t4</sub>	横行浮上り防止装置爪に作用する引張応力	MPa
σ <sub>t5</sub>	横行浮上り防止装置取付ボルト 1 本あたりに作用する引張応力	MPa
σ <sub>t6</sub>	走行レール <b>基礎</b> ボルト 1 本あたりに作用する引張応力	MPa
σ <sub>t7</sub>	走行レールレールクリップに作用する引張応力	MPa
τ <sub>1</sub>	本体部材に作用するせん断応力	MPa
τ <sub>2</sub>	走行浮上り防止装置爪に作用するせん断応力	MPa
τ <sub>3</sub>	走行レールレールクリップに作用するせん断応力	MPa
τ <sub>b1</sub>	<b>高力ボルト 1 本あたり</b> に作用するせん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\tau_{b2}$	走行レール基礎ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力	MPa

注 : 「設計・建設規格」とは, 発電用原子力設備規格 (設計・建設規格 (2005 年版 (2007 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) をいう。

## 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 2-9 に示すとおりである。

表 2-9 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	mm	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 <sup>*2</sup>
体積	mm <sup>3</sup>	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 <sup>*2</sup>
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 <sup>*2</sup>
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 <sup>*2</sup>
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 <sup>*3</sup>	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以下第 1 位の場合は、小数点第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき表示とする。

\*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

クレーンの耐震評価は、クレーンの転倒またはトロリの落下により、**大型廃棄物保管庫建屋及び使用済吸着塔が損傷することを防止するため**、クレーン本体、浮上り防止装置、走行レール取付部材を選定して実施する。

**クレーンの変形による建屋への接触に対する評価は、クレーンの変形により大型廃棄物保管庫へ接触し損傷することを防止するため、クレーン本体を選定して実施する。**

#### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

クレーンの応力評価に用いる地震荷重及び荷重評価に用いる加速度を算定するための地震応答解析ならびにクレーンの変形による大型廃棄物保管庫建屋への接触に対する評価について以下に示す。

##### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) クレーンと建屋との接合部分である車輪部はレール上に載っており固定されておらず、滑りが発生する構造であるが、クレーンを構成する部材をはり要素にてモデル化した多質点はりモデルに、車輪・レール間のすべり条件は考慮しない応答スペクトル法による解析を適用する。
- (2) 解析コードは「NASTRAN」を使用する。なお、固有値解析及び応力評価に用いる解析コード「NASTRAN」の検証及び妥当性確認等の概要については、参考資料「耐震安全解析に用いるコード (NASTRAN) について」に示す。
- (3) 表 4-1 に示すケースにて吊荷質量を考慮した評価を実施する。

表 4-1 評価ケース

評価対象		クレーン本体, 浮上り量, 吊具		
評価ケース No.		1	2	3
トロリ位置	中央	●		
	揺脚側		●	
	剛脚側			●

- (4) 応答スペクトル法による解析の結果より、各ケースにて求められた水平 2 方向と鉛直の力及びモーメントを 3 方向 SRSS にて組合せ、応力評価を実施する。

##### 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

クレーン本体、浮上り防止装置及び走行レール取付部材の評価における荷重の組合せ及び許容応力状態について、表 4-2 に示す。

###### 4.2.2 許容応力

クレーン本体、浮上り防止装置及び走行レール取付部材の許容応力を表 4-3 に示す。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

クレーン本体、浮上り防止装置及び走行レール取付部材の使用材料の許容応力評価条件を表 4-4 に示す。



表 4-2 荷重の組合せ

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
放射性廃棄物の廃棄施設	放射性廃棄物 取扱設備	クレーン	B	その他の 支持構造物	$D+P_d+M_d+S_B$	B <sub>A</sub> S

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物）

許容応力状態	許容限界 (ボルト以外)					許容限界 (ボルト等)	
	1次応力					1次応力	
	引張	圧縮	曲げ	せん断	組合せ	引張	せん断
B <sub>A</sub> S	1.5ft	1.5fc	1.5fb	1.5fs	1.5ft	1.5ft	1.5fs

表 4-4 許容応力評価条件

部材名	材 料	周囲環境 温度 (°C)	$S_y$	$S_u$	$\min(S_y, 0.7S_u)$	
クレーン本体	評価中					
高力ボルト						
走行浮上り 防止装置						爪
						取付 ボルト
横行浮上り 防止装置						爪
						取付 ボルト
走行レール 取付部材						基礎 ボルト
						レール クリップ

#### 4.3 解析モデル及び諸元

- (1) クレーンの解析モデルは、クレーン本体をはり要素でモデル化した多質点はりモデルである。解析モデルを図 4-1 に、機器諸元を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-5 機器諸元 (質量)

		質量(t)
クレーン	トロリ (吊荷含む)	評価中
	フレーム (ガーダ・脚・サドル)	

表 4-6 機器諸元 (断面性能)

部材名	縦弾性 係数	断面積	せん断断面積		断面係数		ねじり断面係数	
	E (MPa)	A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>2</sub> (mm <sup>2</sup> )	A <sub>3</sub> (mm <sup>2</sup> )	Z <sub>1</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>2</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p1</sub> (mm <sup>3</sup> )	Z <sub>p2</sub> (mm <sup>3</sup> )
ガーダ	評価中							
桁つなぎ								
剛脚・揺脚								
剛脚ステー, 脚つなぎ								
剛脚ステーつなぎ								
サドル								

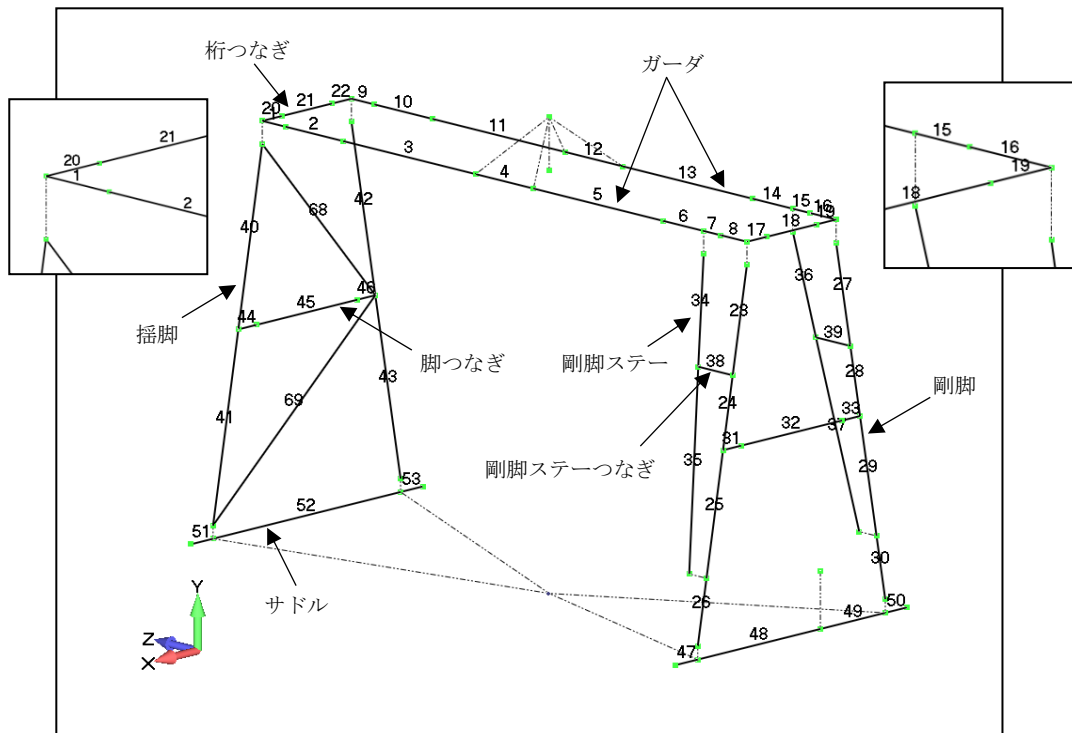
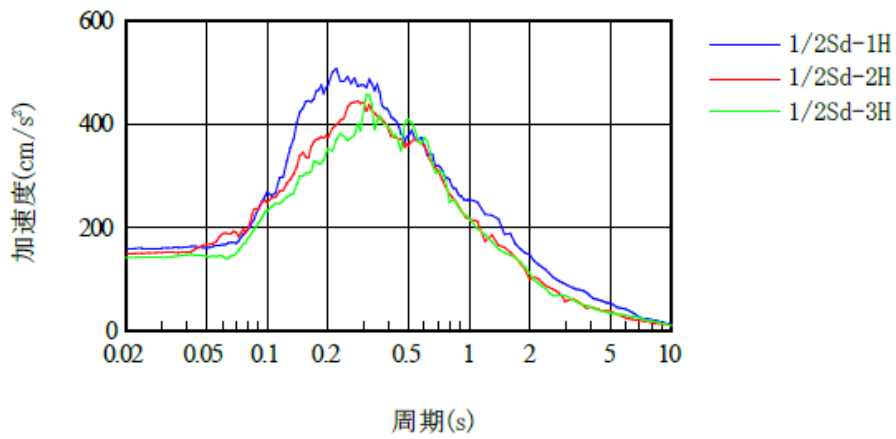


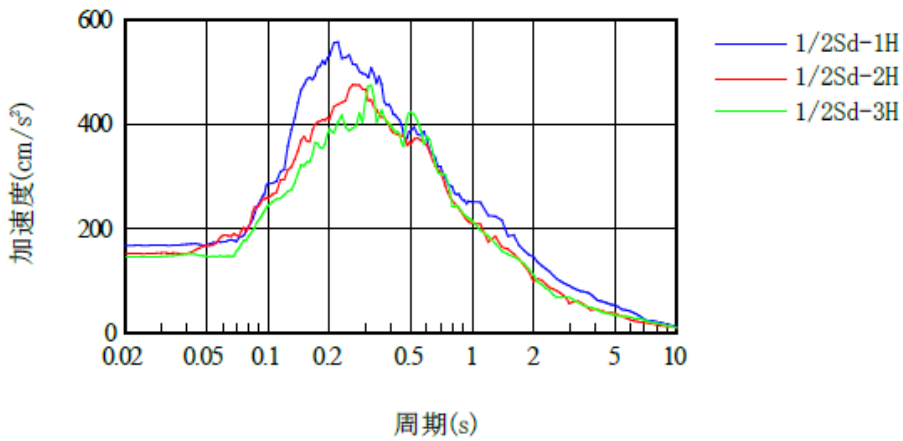
図 4-1 クレーン解析モデル図

#### 4.4 設計用地震力

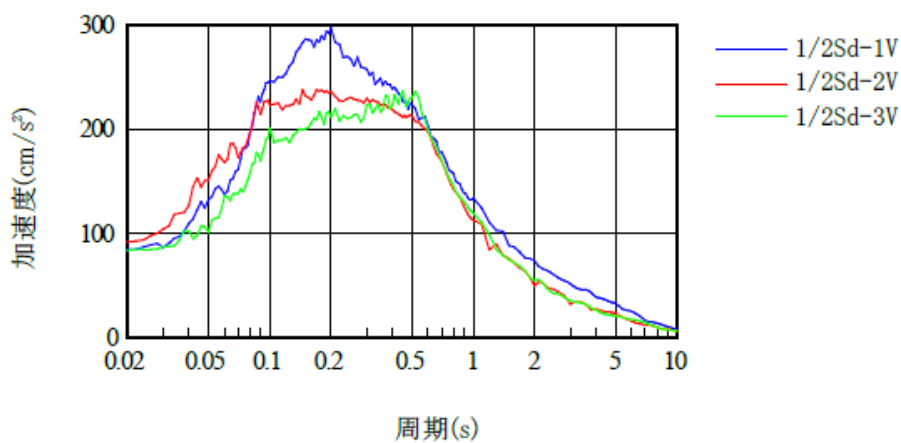
- (1) 耐震計算に用いる設計用地震力は、**図 4-2** に示す大型廃棄物保管庫の床応答スペクトル（弾性設計用地震動  $S_d \times 1/2$ ）を適用する。据付けレベルは、大型廃棄物保管庫クレーン設置位置（T. P. 26, 685m）を適用する。
- (2) 床応答スペクトルの入力位置は、クレーン設置高さ T. P. 26, 685m とする。
- (3) 床応答スペクトルは、建屋の固有周期のシフトを考慮して周期方向に $\pm 10\%$ 拡幅したものをを用いている。



(1FL T. P. 26.685m, 1/2Sd, NS 方向)



(1FL T. P. 26.685m, 1/2Sd, EW 方向)



(1FL T. P. 26.685m, 1/2Sd, UD 方向)

図 4-2 大型廃棄物保管庫 床応答スペクトル

#### 4.5 計算方法

固有値解析の結果として、トロリ位置ごとの固有振動数を表 4-8 に、地震応答解析の結果として、クレーン本体の評価に必要な曲げモーメント、ねじりモーメント及びせん断力の最大値、浮上り防止装置の評価に必要な爪 1 個あたりに作用する浮上り力の最大値、走行レール取付部材の評価に必要な 1 車輪当たりの鉛直上向き荷重及び走行直角方向荷重の最大値を表 4-9 に示す。

高力ボルトの評価については、クレーンの部材同士を接合するため、接合部には図 4-3 に示すような高力ボルトが取り付けられている。クレーン本体へ応力が作用することにより、接合部である高力ボルトにも応力が作用するため、応力評価を実施する。

浮上り防止装置の評価については、クレーンの転倒を拘束するため、サドル及びトロリ下面に図 4-4 に示すような浮上り防止装置が取り付けられ、クレーンが浮上った場合には爪が引っ掛かり、転倒または落下を防止する構造となっている。浮上りの発生により、爪及び取付ボルトに荷重が作用するため、応力評価を実施する。

表 4-8 固有値解析結果

トロリ位置	固有振動数		
	X [Hz]	Y [Hz]	Z [Hz]
中央	評価中		
揺脚側			
剛脚側			

表 4-9 応答解析結果

評価対象	種 類	解析結果
クレーン本体の評価	水平軸まわり曲げモーメント	評価中
	鉛直軸まわり曲げモーメント	
	ねじりモーメント	
	水平方向せん断力	
	鉛直方向せん断力	
浮上り防止装置の評価	走行浮上り防止装置爪 1 個あたりに作用する浮上り力	評価中
	横行浮上り防止装置爪 1 個あたりに作用する浮上り力	
走行レール取付部材の評価	走行車輪 1 輪当たりの水平方向荷重	評価中
	走行車輪 1 輪当たりの鉛直方向荷重	

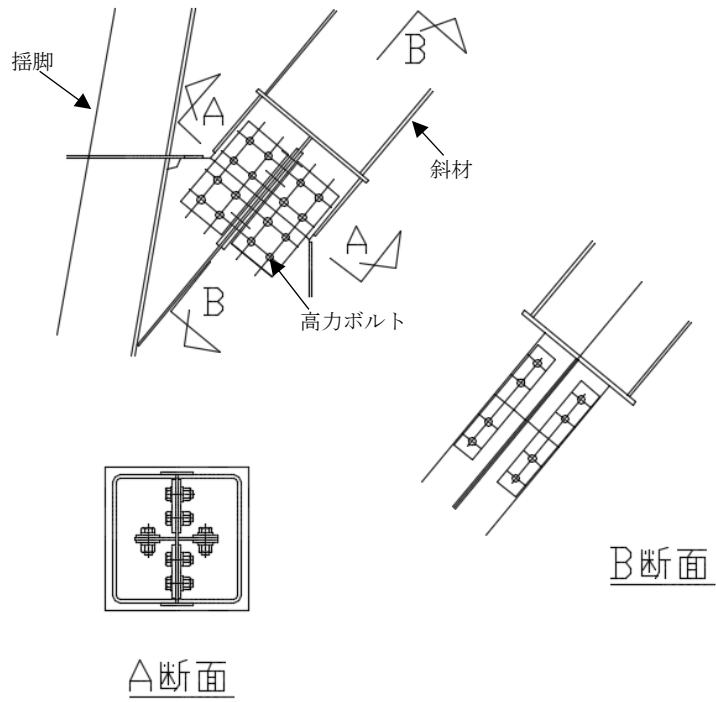


図 4-3 高力ボルト

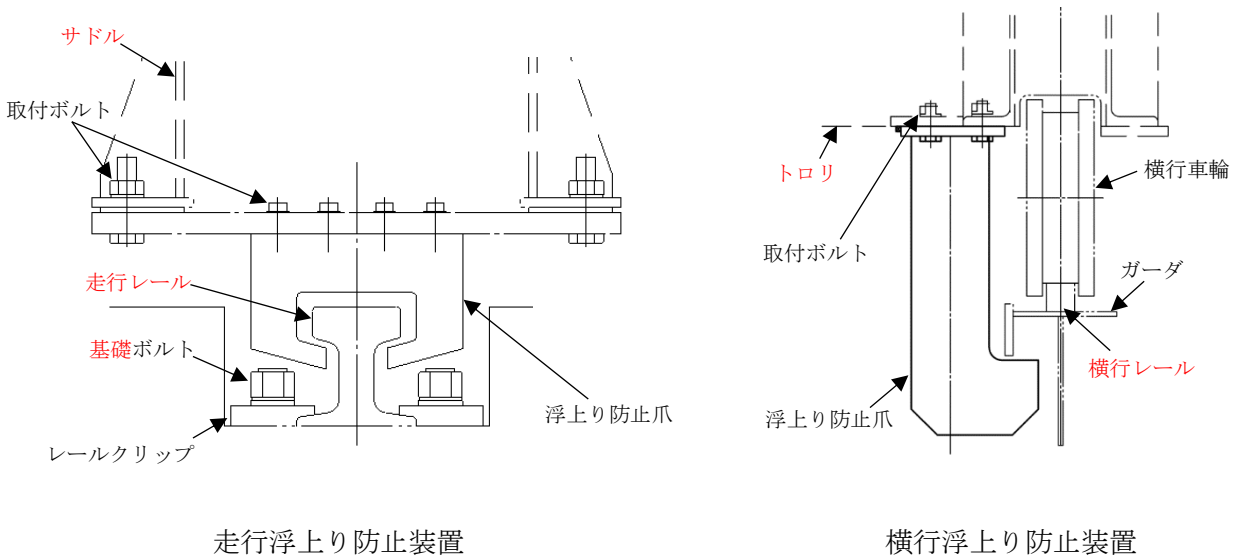


図 4-4 浮上り防止装置

#### 4.5.1 応力の計算方法

##### 4.5.1.1 クレーン本体の応力

クレーン本体及び高力ボルトの評価は、評価上最も厳しいトロリ中央位置での評価を実施する。

- (1) 引張，圧縮応力： $\sigma_{t1}$ ， $\sigma_c$

$$\sigma_{t1}, \sigma_c = \frac{R_1}{A_1} \dots\dots\dots (4.5.1.1-1)$$

$R_1$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体部材の横行方向（EW 方向）に作用する引張，圧縮力

- (2) 曲げ応力： $\sigma_{b1}$

$$\sigma_{b1} = \frac{M_2}{Z_2} + \frac{M_3}{Z_1} \dots\dots\dots (4.5.1.1-2)$$

- (3) せん断応力： $\tau_1$

$$\tau_1 = MAX \left\{ \left( \frac{R_2}{A_2} \right) + \left( \frac{M_1}{Z_{p1}} \right), \left( \frac{R_3}{A_3} \right) + \left( \frac{M_1}{Z_{p2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (4.5.1.1-3)$$

$R_2$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体部材の鉛直方向（UD 方向）に作用するせん断力

$R_3$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体部材の走行方向（NS 方向）に作用するせん断力

- (4) 組合せ応力

- a. 曲げ応力： $\sigma_1$

$$\sigma_1 = \sigma_{t1} + \sigma_{b1} \dots\dots\dots (4.5.1.1-4)$$

- b. せん断応力

4.5.1.1(3) で求めたせん断応力 $\tau_1$ とする。

- c. 組合せ応力： $\sigma_{k1}$

$$\sigma_{k1} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \times \tau_1^2} \dots\dots\dots (4.5.1.1-6)$$



(5) 高力ボルト 1 本あたりに生じる応力

a. 引張応力： $\sigma_{t2}$

$$\sigma_{t2} = \frac{N_b}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.5.1.1-7)$$

$N_b$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出した高力ボルト 1 本あたりに作用する引張力

b. せん断応力： $\tau_{b1}$

$$\tau_{b1} = \frac{Q_b}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.5.1.1-8)$$

$Q_b$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出した高力ボルト 1 本あたりに作用するせん断力

#### 4.5.1.2 走行浮上り防止装置の応力

走行浮上り防止装置の評価は、クレーン本体が横行方向（EW 方向）に浮上ることを条件として、評価上最も厳しくなるトロリ剛脚位置での評価を実施する。

- (1) 走行浮上り防止装置爪 1 個当たりの荷重： $P_2$

$$P_2 = \frac{P_1}{2} \dots\dots\dots (4.5.1.2-1)$$

$P_1$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際に走行浮上り防止装置爪へ作用する荷重

- (2) 走行浮上り防止装置爪に生じる応力

- a. 爪にかかる P による曲げモーメント： $M_4$

$$M_4 = P_2 \times l_1 \dots\dots\dots (4.5.1.2-2)$$

- b. 曲げ応力： $\sigma_{b2}$

$$\sigma_{b2} = \frac{M_4}{Z_3} \dots\dots\dots (4.5.1.2-3)$$

- c. せん断応力： $\tau_1$

$$\tau_2 = \frac{P_2}{A_4} \dots\dots\dots (4.5.1.2-4)$$

- d. 組合せ応力： $\sigma_{k2}$

$$\sigma_{k2} = \sqrt{\sigma_{b2}^2 + 3 \times \tau_2^2} \dots\dots\dots (4.5.1.2-5)$$

- (3) 走行浮上り防止装置取付ボルト 1 本当たりに生じる応力： $\sigma_{t3}$

$$\sigma_{t3} = \frac{P_{b1}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (4.5.1.2-6)$$

$P_{b1}$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際に走行浮上り防止装置取付ボルトへ作用する荷重

#### 4.5.1.3 横行浮上り防止装置の応力

横行浮上り防止装置の評価は、評価上最も厳しくなるトロリ中央位置での評価を実施する。

##### (1) 横行浮上り防止装置爪に生じる応力

###### a. 爪にかかるPによる曲げモーメント： $M_5$

$$M_5 = P_1 \times l_2 \quad \dots\dots\dots (4.5.1.3-1)$$

$P_1$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出した横行浮上り防止装置爪へ作用する荷重

###### b. 曲げ応力： $\sigma_{b3}$

$$\sigma_{b3} = \frac{M_5}{Z_4} \quad \dots\dots\dots (4.5.1.3-2)$$

###### c. 引張応力： $\sigma_{t4}$

$$\sigma_{t4} = \frac{P_1}{A_5} \quad \dots\dots\dots (4.5.1.3-3)$$

$P_1$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出した横行浮上り防止装置爪へ作用する荷重

###### d. 組合せ応力： $\sigma_{k3}$

$$\sigma_{k3} = \sigma_{b3} + \sigma_{t4} \quad \dots\dots\dots (4.5.1.3-4)$$

##### (2) 横行浮上り防止装置取付ボルト1本あたりに生じる応力： $\sigma_{t5}$

$$\sigma_{t5} = \frac{P_{b2}}{A_{b3}} \quad \dots\dots\dots (4.5.1.3-5)$$

$P_{b2}$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出した横行浮上り装置取付ボルト1本あたりに作用する引張力

4.5.1.4 走行レール取付部材の応力

走行レール取付部材の評価は、クレーン本体が横行方向（EW 方向）に浮上ることを条件として、評価上最も厳しくなるトロリ剛脚位置での評価を実施する。

(1) 基礎ボルト 1 本あたりに生じる応力

a. 引張応力： $\sigma_{t6}$

$$\sigma_{t6} = \frac{P_t}{A_{b4}} \dots\dots\dots (4.5.1.4-1)$$

$P_t$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際に走行レール基礎ボルト 1 本あたりに作用する引張力

b. せん断応力： $\tau_{b2}$

$$\tau_{b2} = \frac{S_b}{A_{b4}} \dots\dots\dots (4.5.1.4-2)$$

$S_b$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際に走行レール基礎ボルト 1 本あたりに作用するせん断力

(2) レールクリップに生じる応力

a. 引張応力： $\sigma_{t7}$

$$\sigma_{t7} = \frac{T_1}{A_6} + \frac{T_2}{A_6} \dots\dots\dots (4.5.1.4-3)$$

$T_1$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際にレールクリップに作用する水平方向引張力

$T_2$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際にレールクリップに作用する鉛直方向引張力

b. 曲げ応力： $\sigma_{b3}$

$$\sigma_{b3} = \frac{M_6}{Z_5} + \frac{M_7}{Z_5} \dots\dots\dots (4.5.1.4-4)$$

c. せん断応力： $\tau_3$

$$\tau_3 = \frac{S_1}{A_6} + \frac{S_2}{A_6} \dots\dots\dots (4.5.1.4-5)$$

$S_1$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際にレールクリップに作用する水平方向せん断力

$S_2$ ：解析モデル図 4-1 を用いた NASTRAN による解析から算出したクレーン本体が横行方向（EW 方向）へ浮上る際にレールクリップに作用する鉛直方向せん断力

d. 組合せ応力 :  $\sigma_{k4}$

$$\sigma_{k4} = \sqrt{\{(\sigma_{t7} + \sigma_{b3})^2 + 3 \times \tau_3^2\}} \dots\dots\dots (4.5.1.4-6)$$

#### 4.6 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は、本計算書の【クレーン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。

#### 4.7 応力の評価

##### 4.7.1 クレーン本体の応力評価

4.5.1.1(4)項で求めたクレーン本体の組合せ応力  $\sigma_{k1}$  は下記許容組合せ応力  $f_t$  以下であること。

4.5.1.1(5)項で求めた高力ボルトの引張応力  $\sigma_{t2}$  は下記許容引張応力  $f_t$  以下であること。

	許容組合せ応力 $f_t$	許容引張応力 $f_t$
計算式	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$

##### 4.7.2 走行浮上り防止装置の応力評価

4.5.1.2(2)項で求めた走行浮上り防止装置爪に生じる組合せ応力  $\sigma_{k2}$  は下記許容組合せ応力  $f_t$  以下であること。

4.5.1.2(3)項で求めた走行浮上り防止装置取付ボルトに生じる引張応力  $\sigma_{t3}$  は下記許容引張応力  $f_t$  以下であること。

	許容組合せ応力 $f_t$	許容引張応力 $f_t$
計算式	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$

##### 4.7.3 横行浮上り防止装置の応力評価

4.5.1.3(2)項で求めた横行浮上り防止装置爪に生じる組合せ応力  $\sigma_{k3}$  は下記許容組合せ応力  $f_t$  以下であること。

4.5.1.3(3)項で求めた横行浮上り防止装置取付ボルトに生じる引張応力  $\sigma_{t5}$  は下記許容引張応力  $f_t$  以下であること。

	許容組合せ応力 $f_t$	許容引張応力 $f_t$
計算式	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$

##### 4.7.4 走行レール取付部材の応力評価

4.5.1.4(1)項で求めた走行レール基礎ボルトに生じる引張応力  $\sigma_{t6}$  は下記許容引張応力  $f_t$  以下であること。

4.5.1.4(2)項で求めた走行レールレールクリップに生じる組合せ応力  $\sigma_{k4}$  は下記許容組合せ応力  $f_t$  以下であること。

	許容引張応力 $f_t$	許容組合せ応力 $f_t$
計算式	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$

## 5. 評価結果

### 5.1 評価結果

クレーンの耐震評価結果を次項以降【クレーンの耐震性についての計算結果】に示す。発生値は、許容応力を満足しており、耐震性を有していること、またクレーンの変形による大型廃棄物保管庫建屋への接触は無いため、クレーン本体の変形、転倒またはトロリの落下により、大型廃棄物保管庫建屋及び使用済吸着塔に波及的影響を及ぼさないことを確認した。

【クレーンの耐震性についての計算結果】

機器要目

クレーン本体

A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	A <sub>b1</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	N <sub>b</sub>	Q <sub>b</sub>
(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(N・mm)	(N・mm)	(N・mm)	(N)	(N)
評価中								

R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>p1</sub>	Z <sub>p2</sub>
(N)	(N)	(N)	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )	(mm <sup>3</sup> )
評価中						

26

走行浮上り防止装置

A <sub>4</sub>	A <sub>b2</sub>	l <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>b1</sub>	Z <sub>3</sub>
(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(N)	(N)	(mm <sup>3</sup> )
評価中					

横行浮上り防止装置

A <sub>5</sub>	A <sub>b3</sub>	l <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>b2</sub>	Z <sub>1</sub>
(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm)	(N)	(N)	(mm <sup>3</sup> )
評価中					



走行レール取付部材

$A_6$	$A_{b4}$	$M_6$	$M_7$	$P_t$	$S_1$	$S_2$
( $\text{mm}^2$ )	( $\text{mm}^2$ )	( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )	( $\text{N}\cdot\text{mm}$ )	( $\text{N}$ )	( $\text{N}$ )	( $\text{N}$ )
評価中						

$S_b$	$T_1$	$T_2$	$Z_5$
( $\text{N}$ )	( $\text{N}$ )	( $\text{N}$ )	( $\text{mm}^3$ )
評価中			

材料物性データ

クレーン本体		高力ボルト	
S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
評価中		評価中	

走行浮上り防止装置				横行浮上り防止装置			
爪		取付ボルト		爪		取付ボルト	
S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
評価中		評価中		評価中		評価中	

走行レール取付部材			
基礎ボルト		レールクリップ	
S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)
評価中		評価中	

結論

評価部位		材料	応力		算出応力	許容応力
クレーン本体		評価中	組合せ	$\sigma_{k1}$	評価中	評価中
高力ボルト			引張	$\sigma_{t2}$		
走行浮上り防止装置	爪		組合せ	$\sigma_{k2}$		
	取付ボルト		引張	$\sigma_{t3}$		
横行浮上り防止装置	爪		組合せ	$\sigma_{k3}$		
	取付ボルト		引張	$\sigma_{t5}$		
走行レール取付部材	基礎ボルト		引張	$\sigma_{t6}$		
	レールクリップ		組合せ	$\sigma_{k4}$		

すべて許容応力以下です。