

# 大型廃棄物保管庫クレーンの使用前検査について

2023年10月10日

**TEPCO**

---

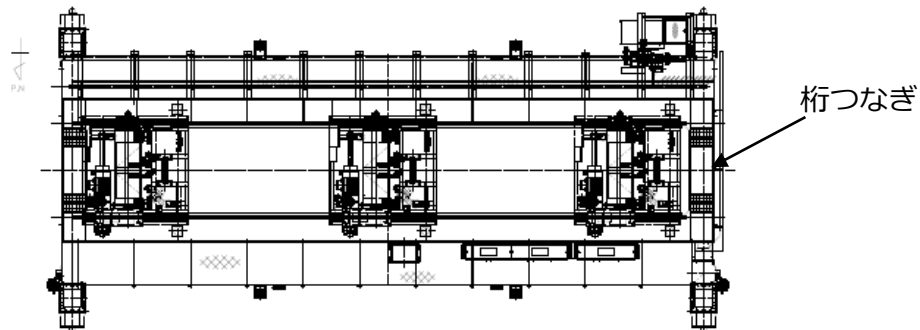
東京電力ホールディングス株式会社

# 使用前検査に係る確認事項

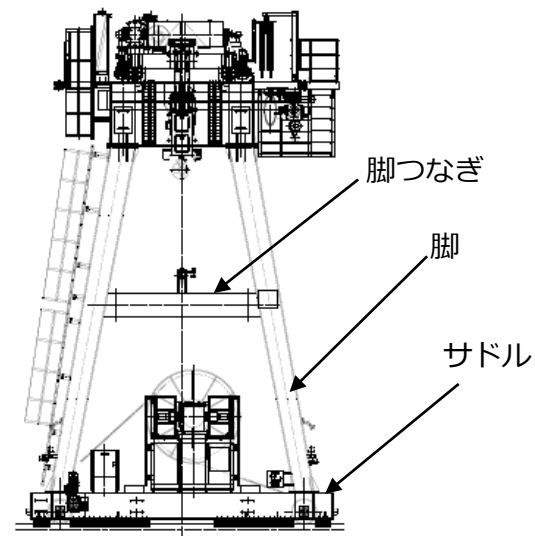
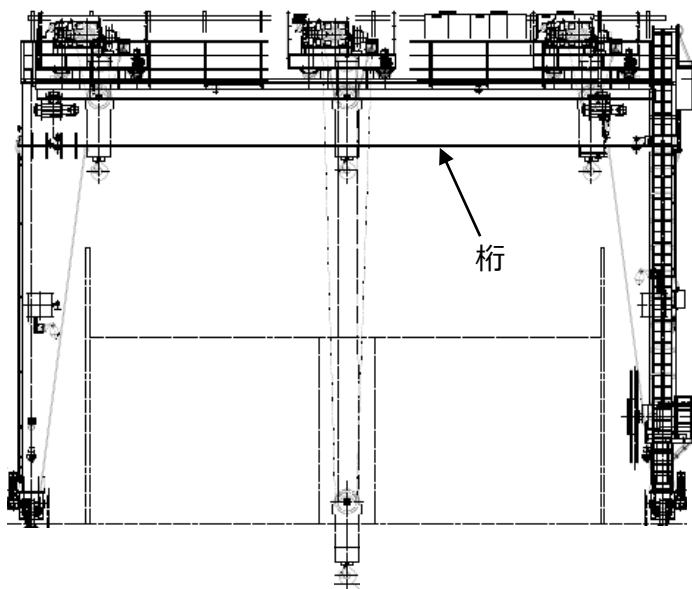
確認事項		確認項目	確認内容	判定基準
構造強度・耐震性	材料確認		実施計画に記載されている主要部材の材質を確認する。	実施計画通りの材料を使用していること。
	構造確認	外観確認	各部の外観を確認する。	外観上、有意な傷・へこみ・変形がないこと。
		寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画に記載されている台数が施工・据付されていること。
落下防止		機能確認	単一故障において吊荷を落下させないことを確認する。	<p>動力源が喪失した場合においても吊荷を保持し続ける構造であること。</p> <p>二重のワイヤロープで保持する構造であること。</p> <p>フックは外れ防止装置を有する構造であること。</p>
性能	機能確認	容量確認	容量及び所定の動作について確認する。	実施計画に記載されている荷重が吊り上げ可能なこと。 横行、走行、巻き上げ、巻き下げが可能なこと。

# 材料確認

- 材料確認としては、実施計画へ新たにクレーンの構造図を添付資料として追加し、各構造部材の名称ならびに材質を明記したものと照合を行う。



部材	材質
桁	SM570
桁つなぎ	SM570
脚	SM570
脚つなぎ	SM570
サドル	SM570



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  
2023年10月10日

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）

## 1. 概要

大型廃棄物保管庫に設置するクレーンは、2021年9月8日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方(2022年11月16日一部改訂)に基づき、耐震Cクラスとなるが、上位クラスである使用済吸着塔および使用済吸着塔保管架台(以下、「保管架台」という。)等に対して、波及的影響を及ぼさないことを確認する必要がある。

本資料は、クレーンが弾性設計用地震動 $S_d$ 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、貯蔵エリアに保管された使用済吸着塔および保管架台等に対して、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 配置概要

使用済吸着塔等の保管時において、クレーンは、図2-1の位置関係図に示すように、貯蔵エリア上を運搬することから、上位クラスである使用済吸着塔および保管架台等に対して倒壊や転倒、トロリの落下により波及的影響を及ぼすおそれがある。

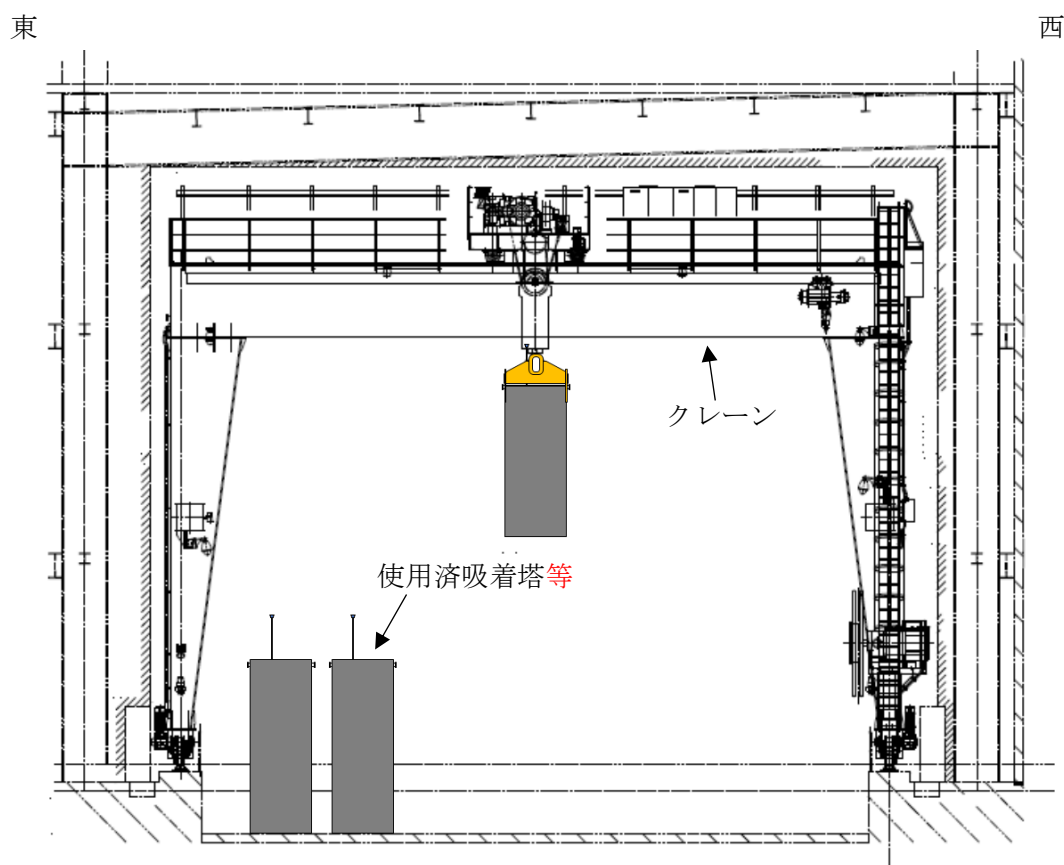


図2-1 クレーンと使用済吸着塔等の位置関係図

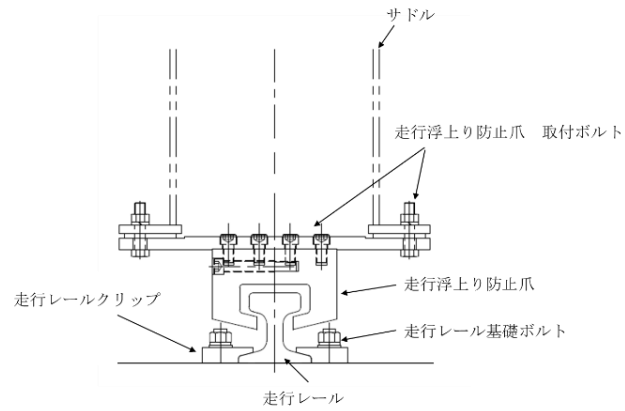
※保管架台については構造検討中

## 2.2 構造計画

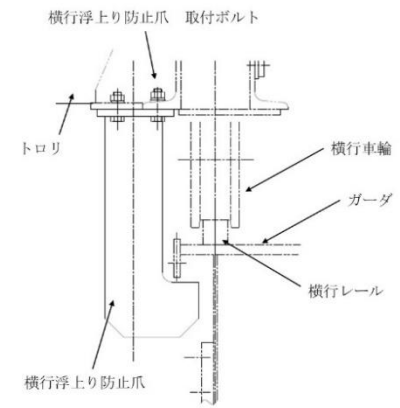
クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 クレーンの構造計画

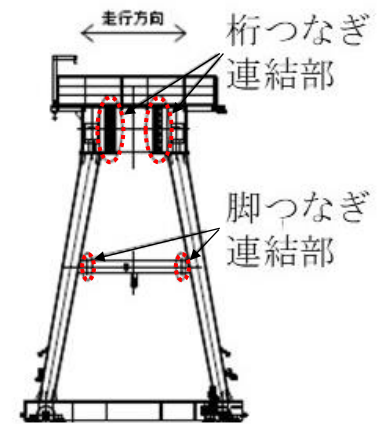
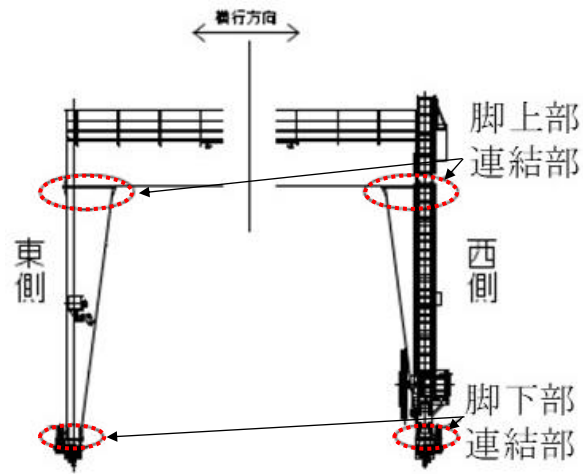
計画の概要		概略構造図	
基礎・支持構造	主体構造		
クレーンは大型廃棄物保管庫に設置された走行レールにより支持され、トロリはガーダに設置されたサドル 剛脚 桁つなぎ 脚つなぎ 脚つなぎ	クレーン本体 ガーダ トロリ サドル 剛脚 桁つなぎ 脚つなぎ		
		(単位 : mm)	

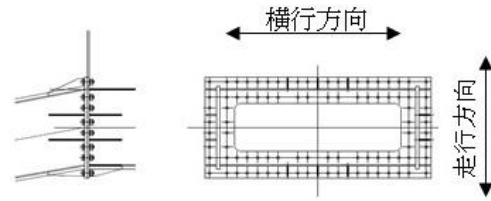


走行浮上り防止治具

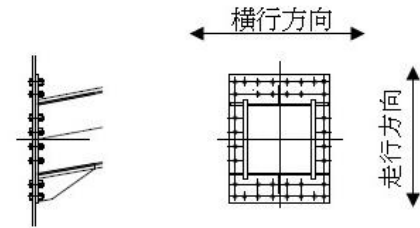


横行浮上り防止治具

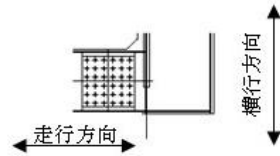




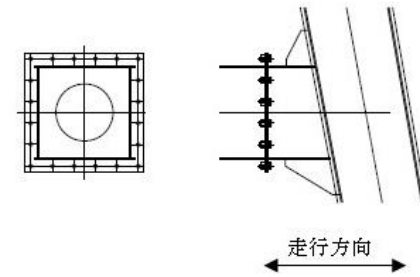
脚上部連結部



脚下部連結部



桁つなぎ連結部



脚つなぎ連結部



### 2.3 評価方針

クレーンの応力評価は、「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、「4.3 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弾性設計用地震動  $S_d$  による応力等が、許容限界の範囲内に収まることを「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す方法にて確認することを実施する。確認結果を「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。

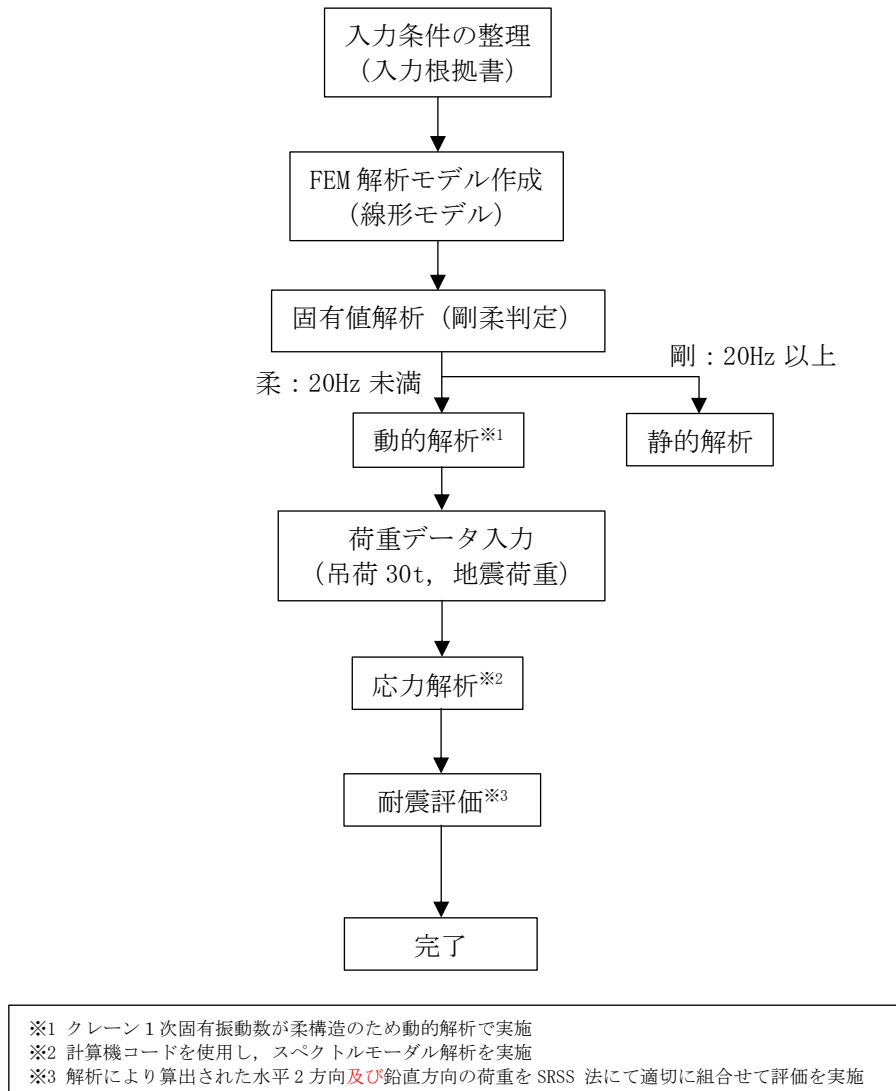


図 2-2 クレーンの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準を以下に示す。

- ・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) ((社) 日本機械学会 ~~2007年9月~~) (以下、「設計・建設規格」という。)
- ・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) ((社) 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月および平成3年6月~~)
- ・日本産業規格 ((財) 日本規格協会) (以下、「J I S」という。)
- ・鋼構造設計規準 ((社) 日本建築学会)
- ・クレーン耐震設計指針 (J C A S 1 1 0 1 - 2018) ((社) 日本クレーン協会)

## 2.5 評価に適用する確認用地震動

2021年9月8日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方 (2022年11月16日一部改訂) を踏まえると、本クレーンに適用する確認用地震動は  $S_s 900$  となるが、以下の施設・設備の特徴を考慮すると、 $S_s 900$  に対する使用済吸着塔および保管架台等への波及的影響は低いため、確認用地震動は  $S_d 450$  とする。

- ・クレーンの運搬ルートは、保管中の使用済吸着塔等の上を通過しないことを基本とし、通常停止位置 (ホームポジション) が、保管中の使用済吸着塔等に干渉する位置ではない。
- ・貯蔵エリア (北) (中) での保管では、使用済吸着塔等とクレーン通常停止位置の離隔が十分確保されている。
- ・使用済吸着塔等を保管した後は、原則としてクレーンが移動することはない。

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字6桁以上を確保する。

本資料で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
温度	℃	—	—	整数位
質量	t	—	—	整数位 <sup>*1</sup>
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>
断面係数	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>
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3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	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位 <sup>*3</sup>

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 付録材料図表及び J I S 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、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、クレーンの倒壊や転倒、トロリの落下により、使用済吸着塔および保管架台等が損傷することを防止するため、クレーン本体、連結ボルト、走行／横行浮上り防止治具、走行レール取付部材を対象に実施する。クレーン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) クレーン本体及びトロリは、各々走行レール及び横行レール上に載っているため、地震時は走行／横行方向に対して、水平方向の荷重が最大静止摩擦力を上回る場合に車輪－レール間ですべりが発生する。

なお、クレーン及びトロリの車輪は各々4個であり、そのうち各々2個は摩擦を受ける駆動輪であり、他の2個は従動輪であるが、保守的に4個の車輪で摩擦を受けることとする。

- (2) すべりを考慮した荷重は、以下のとおり算定する。

なお、鉛直方向の荷重は、すべりが発生しないことを踏まえ、全体質量にて固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。

- ① すべりを考慮しない地震応答解析より得られる鉛直荷重（最大値）に最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた摩擦力をすべり判定値として、同解析より得られる水平荷重と比較する。
- ② 判定値を超える場合、NS 方向（走行方向）は全体質量に最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量、EW 方向（横行方向）はトロリ（吊荷含む）の質量のみ最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量にて再度固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。
- (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、連結ボルト、走行／横行浮上り防止治具、走行レール取付部材		
評価ケース No.		1	2	3
トロリ位置	中央	●		
	東側		●	
	西側			●

- (4) ~~クレーンの評価~~地震応答解析手法は、スペクトルモーダル解析を用いるものとし、解析結果より、各ケースにて求められた水平2方向と鉛直方向の力及びモーメントを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 荷重の組合せ及び供用状態

クレーン本体、連結ボルト、走行／横行浮上り防止治具、走行レール取付部材の評価における荷重の組合せ及び供用状態について表 4-2 に示す。

##### 4.2.2 許容応力

クレーン本体、連結ボルト、走行／横行浮上り防止治具、走行レール取付部材の許容応力を表 4-3 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ及び供用状態

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態
C (S d 4 5 0)	$D + P_D + M_D + S d$	C s

注) 波及的影響評価では、供用状態D sを適用とするが、本評価においては保守的に供用状態C sを適用する。

表 4-3 許容応力 (その他の支持構造物)

供用状態	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	引張	せん断
C s	1.5ft	1.5fc	1.5fb	1.5fs	1.5ft	1.5fs

注) 応力の組合せが考えられる場合は、組合せ応力に対しても評価を行う。

#### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用材料の許容応力評価条件を表 4-4 に示す。

表 4-4(1) 許容応力評価条件

部材名		材料	周辺環境温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	min(S <sub>y</sub> , 0.7S <sub>u</sub> ) (MPa)
クレーン本体		SM570* <sup>1</sup> (16mm < t ≤ 40mm)	54			
連結ボルト		F10T* <sup>2</sup>	54			
		S10T* <sup>2</sup>	54			
走行浮上り 防止治具	爪	SS400* <sup>1</sup> (100mm < t)	54			
	取付 ボルト	12.9T* <sup>2</sup>	54			
		8.8T* <sup>2</sup>	54			
横行浮上り 防止治具	爪	SM570* <sup>1</sup> (16mm < t ≤ 40mm)	54			
	取付 ボルト	12.9T* <sup>2</sup>	54			
走行レール 取付部材	レール クリップ	FCD450* <sup>2</sup>	54			
		SS400* <sup>1</sup> (16mm < t ≤ 40mm)	54			
	基礎 ボルト	SS400* <sup>1</sup> (16mm < t ≤ 40mm)	54			

\*1 S<sub>y</sub> 値・S<sub>u</sub> 値は設計・建設規格 付録材料表 Part5 表 8 及び表 9 に記載の値より算出

\*2 S<sub>y</sub> 値・S<sub>u</sub> 値は J I S 記載値より算出

表 4-4(2) 許容応力評価条件

評価部位	材料	周辺環境温度 (°C)	定格荷重 (N)	安全率	許容荷重 (N)
ワイヤロープ	SWRH 62A	54			1.765 × 10 <sup>6</sup>
フック	S35C	54			1.471 × 10 <sup>6</sup>

#### 4.3 解析モデル及び諸元

解析モデルを図 4-1 に、機器諸元を表 4-5、表 4-6 及び表 4-7 に示す。

- (1) クレーンの鋼材は、断面形状に基づき断面特性を設定した 3 次元梁モデルとする。
- (2) ガーダ上のトロリ位置は、中央及び両端部にある場合の 3 モデルを作成。
- (3) クレーンの質量として、クレーン本体、トロリ（吊荷含む）を考慮するが、すべり判定の結果、すべることが確認された場合は、全体質量に最大静止摩擦係数 ( $\mu=0.3$ ) を乗じた質量とする。
- (4) トロリの質量は、吊荷の重量や高さによって重心位置が変動するためトロリ中心の頂部に設定し、吊荷はガーダ中心高さと同じレベルでトロリに吊られていると仮定しモデル化する。なお、吊荷の振れは評価上考慮しない。
- (5) クレーンに付属する構造物（補巻用レール、梯子等）の質量は見込むが、強度メンバには含めない。
- (6) 拘束条件として、クレーンは走行駆動輪により NS（走行方向）・EW（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束し、走行従動輪にて EW（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束する。また、トロリは横行駆動輪により NS（走行方向）・EW（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束し、横行従動輪にて NS（走行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束する。
- (7) 解析コードは、「**N A S T R A N**」を使用し、固有値及び荷重を求める。

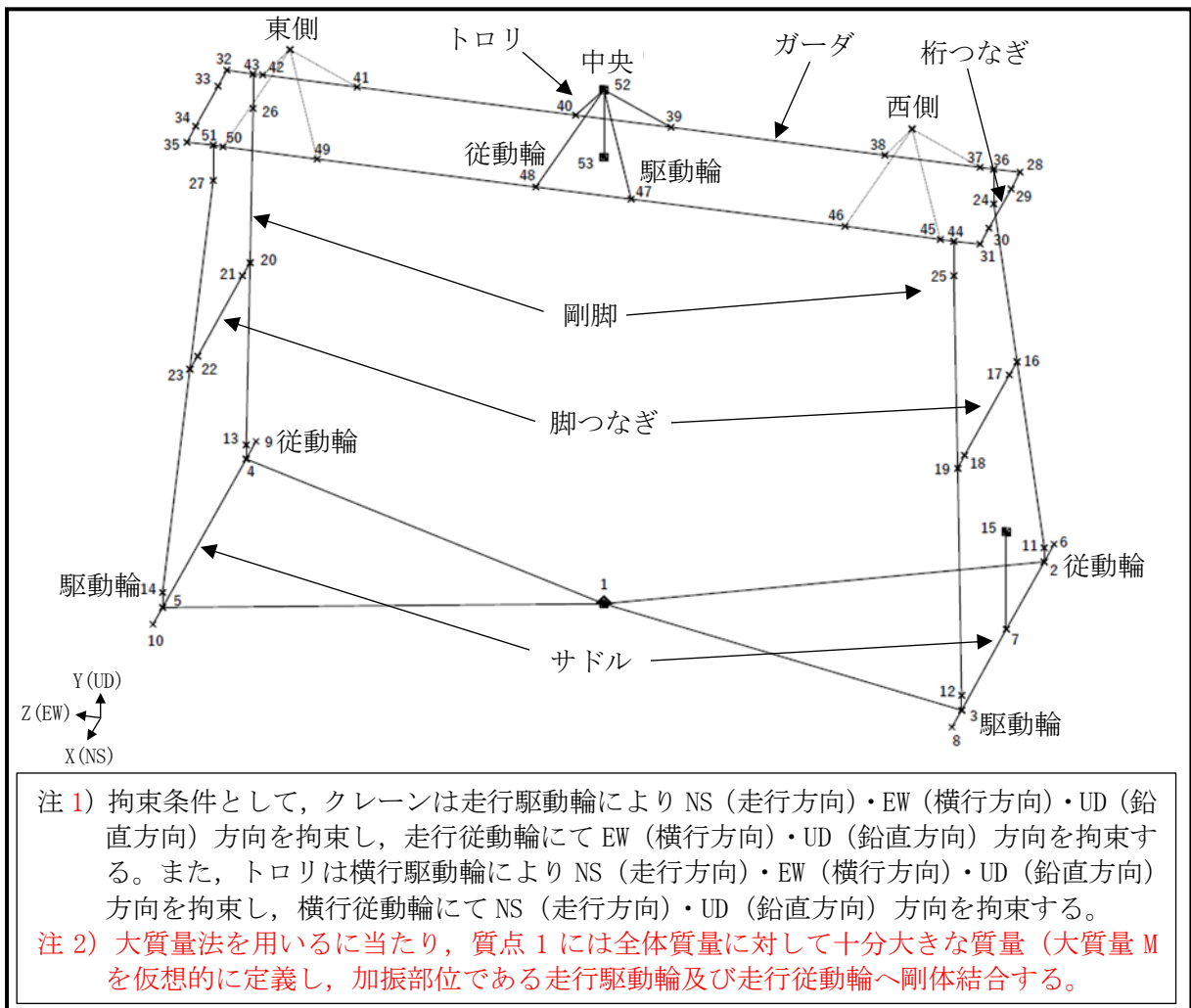


図 4-1 クレーン解析モデル図

表 4-5 機器諸元 (質量)

		質量(t)
クレーン	クレーン本体 (トロリ含む)	95.9
	吊荷	30.0

表 4-6 クレーン本体部材機器諸元 (断面特性)

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		ポアソン比
	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> )	ν (-)
ガーダ									
桁つなぎ									
脚上部									
脚下部									
脚つなぎ									
サドル									

二

表 4-7 ボルトの諸元

名称	型式	断面積
		(mm <sup>2</sup> )
走行浮上り防止爪取付ボルト	M20	314
横行浮上り防止爪取付ボルト	M20	314
連結ボルト	M24	452
走行レール基礎ボルト	M24	452

#### 4.4 固有周期

各解析ケースにおける固有値解析の結果を表 4-8～表 4-16 に示す。また、振動モード図を図 4-2～図 4-10 に示す。

表 4-8 固有値解析結果（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：NS 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.189	0.00	0.92	0.00
2 次	0.145	0.81	0.00	0.00
3 次	0.072	0.00	0.00	0.00
4 次	0.055	0.00	0.00	0.48

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

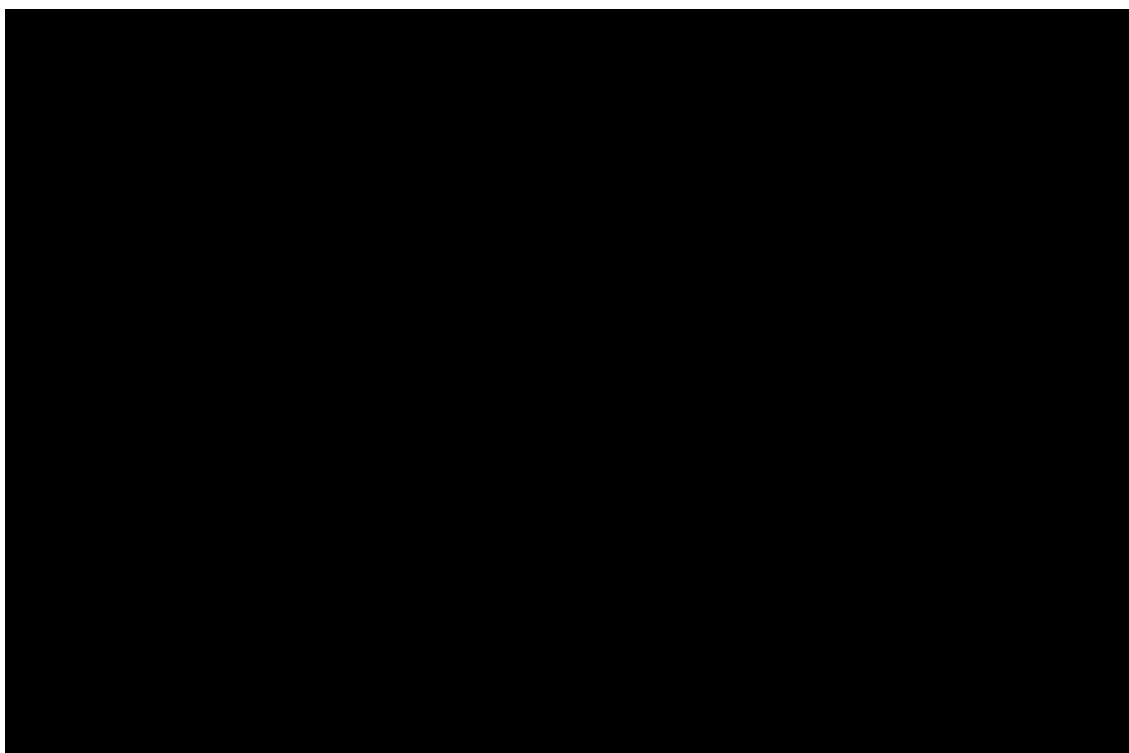


図 4-2(1) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：NS 方向））



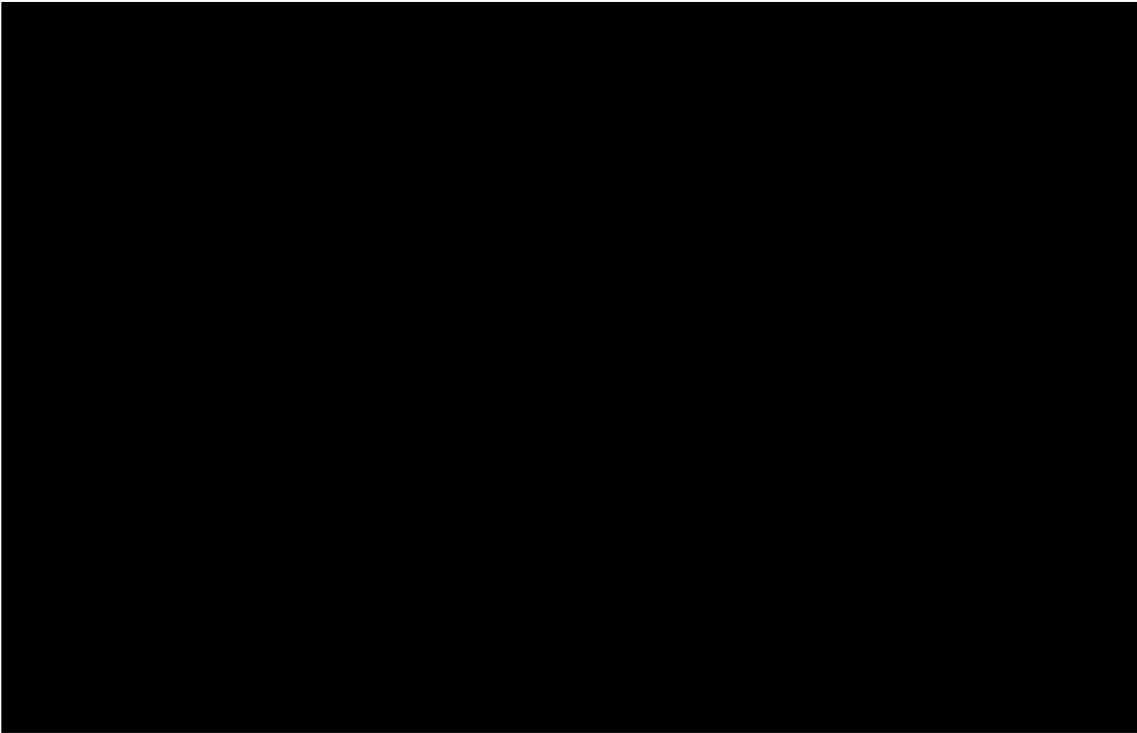


図 4-2(2) 振動モード図 (評価ケース No.1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))

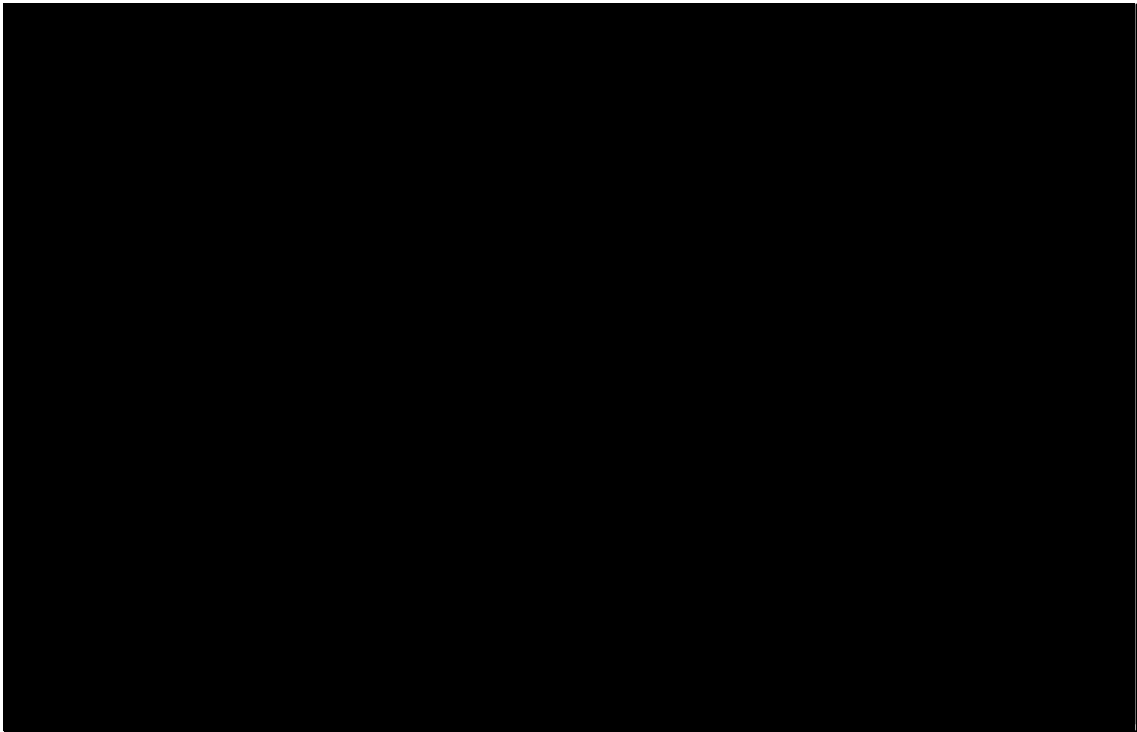


図 4-2(3) 振動モード図 (評価ケース No.1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))

表 4-9 固有値解析結果（評価ケース No.1（トロリ位置：中央，加振方向：EW 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.295	0.00	0.90	0.00
2 次	0.210	0.79	0.00	0.00
3 次	0.131	0.00	0.00	0.00
4 次	0.093	0.00	0.01	0.01
5 次	0.085	0.05	0.00	0.00
6 次	0.073	0.00	0.00	0.42

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

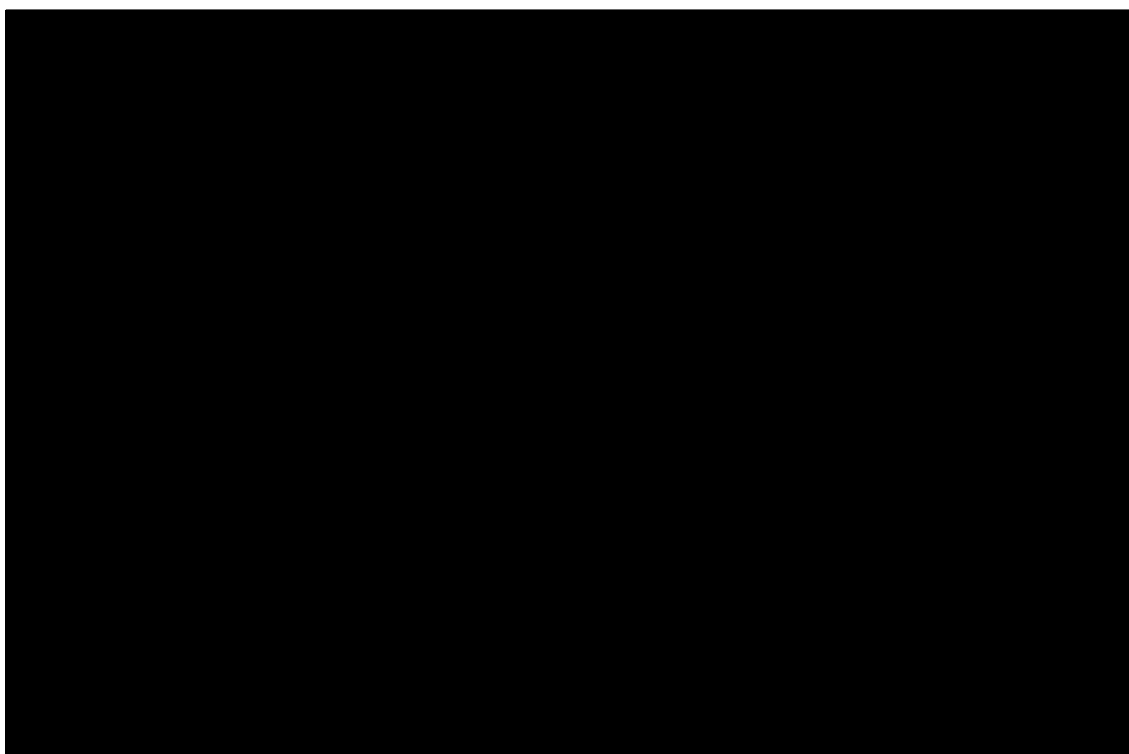


図 4-3(1) 振動モード図（評価ケース No.1（トロリ位置：中央，加振方向：EW 方向））

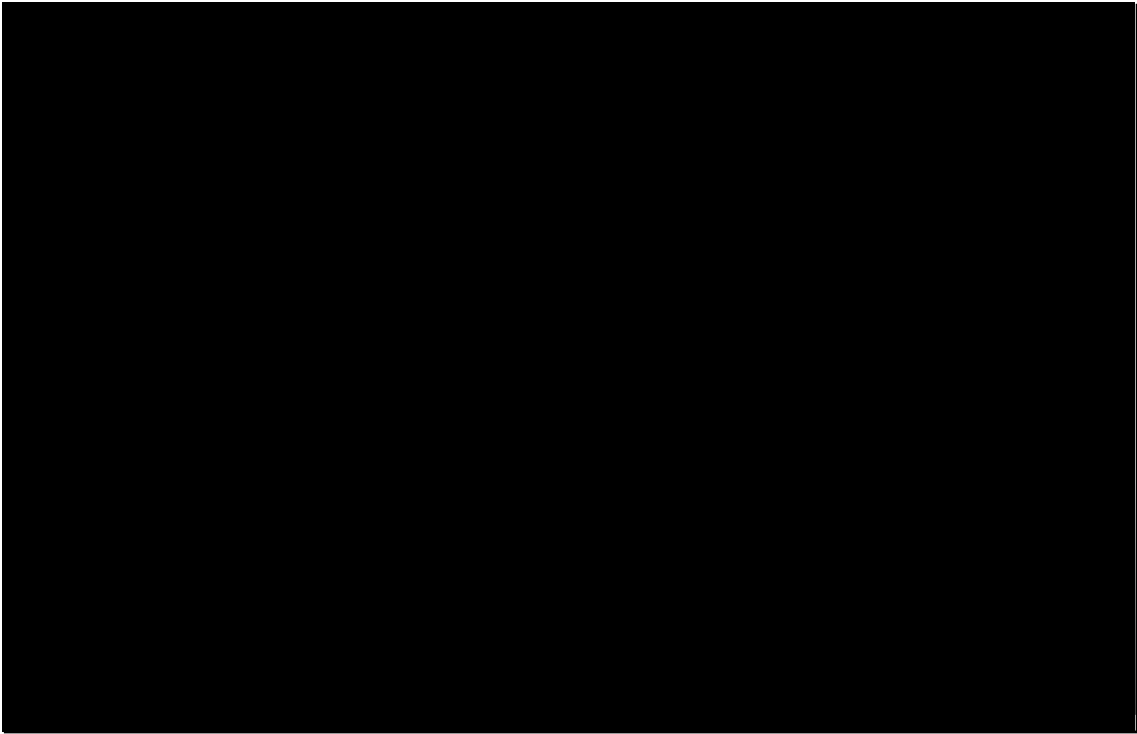


図 4-3(2) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : EW 方向))

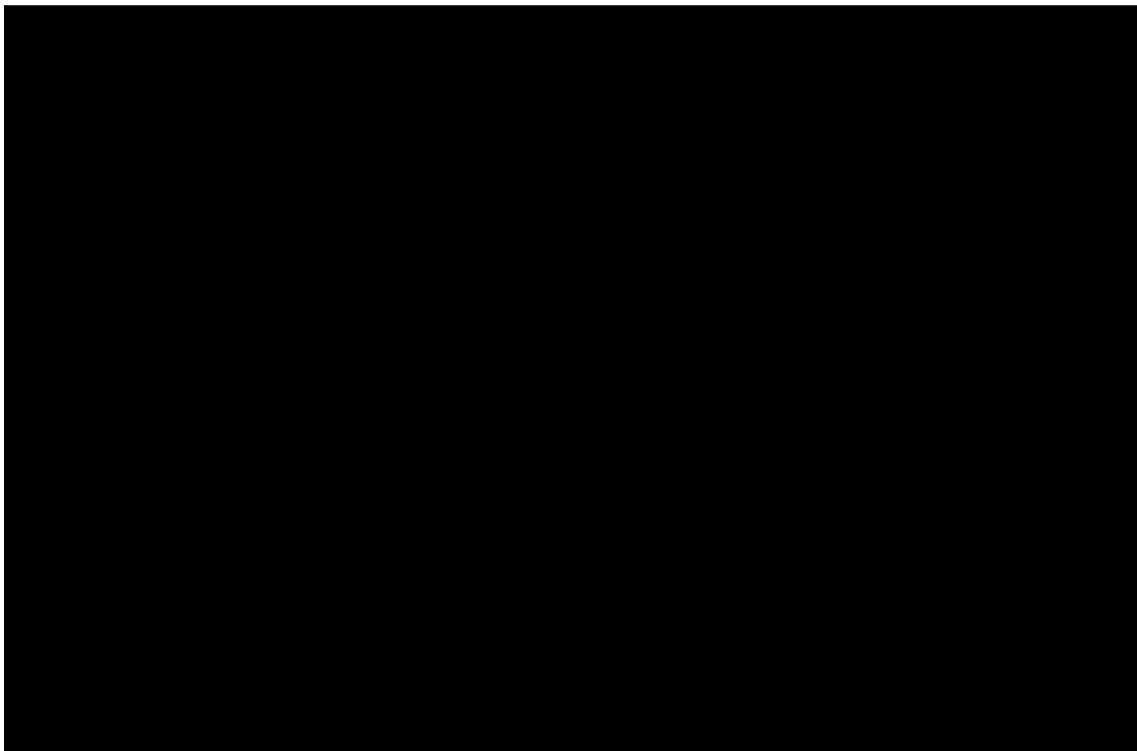


図 4-3(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : EW 方向))

表 4-10 固有値解析結果（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.345	0.00	0.92	0.00
2 次	0.265	0.81	0.00	0.00
3 次	0.131	0.00	0.00	0.00
4 次	0.100	0.00	0.00	0.48

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

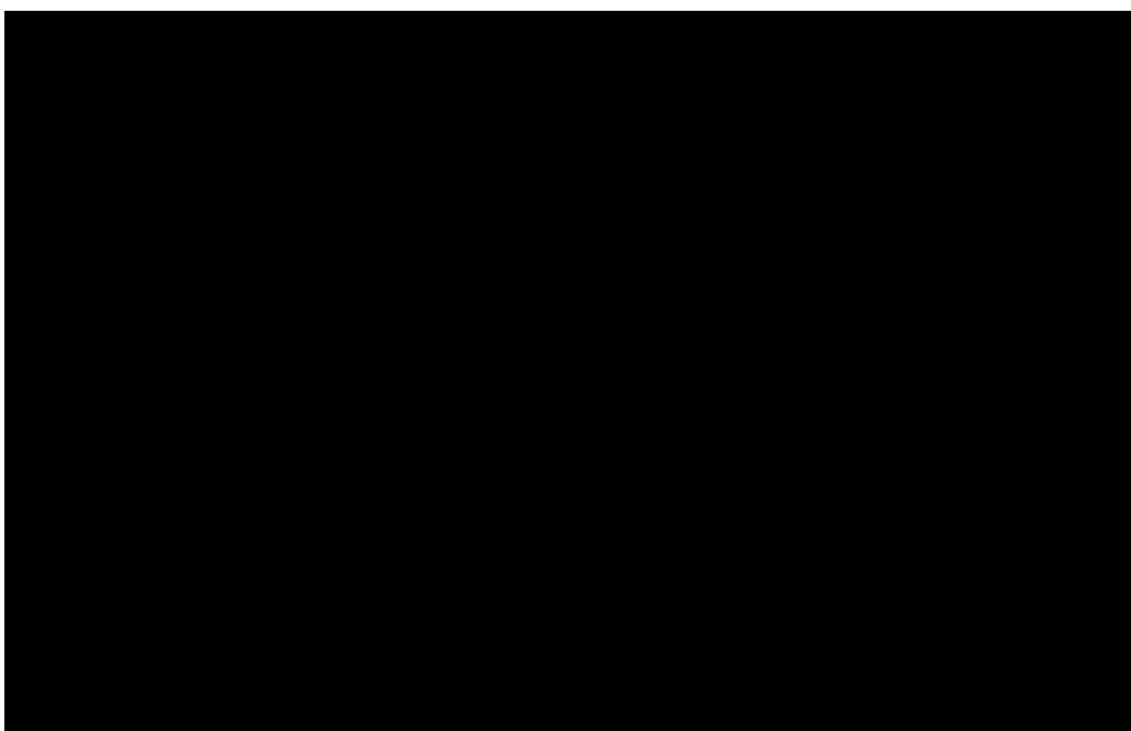


図 4-4(1) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向））

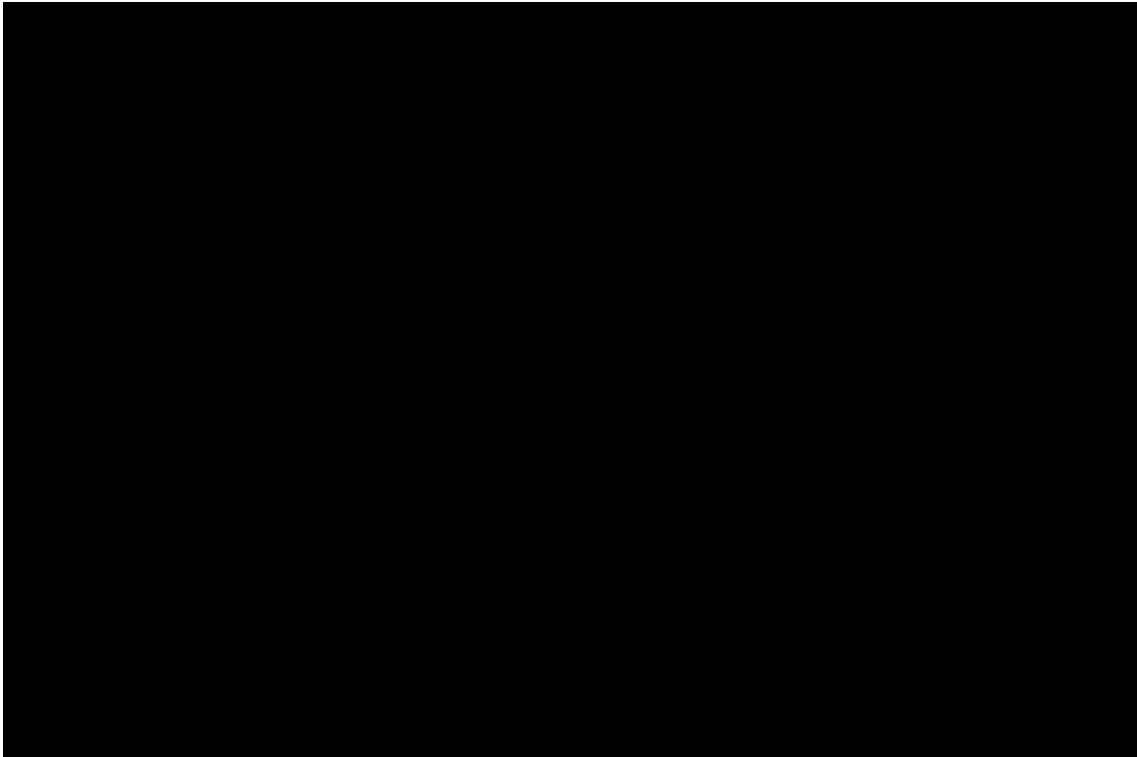


図 4-4(2) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : UD 方向))

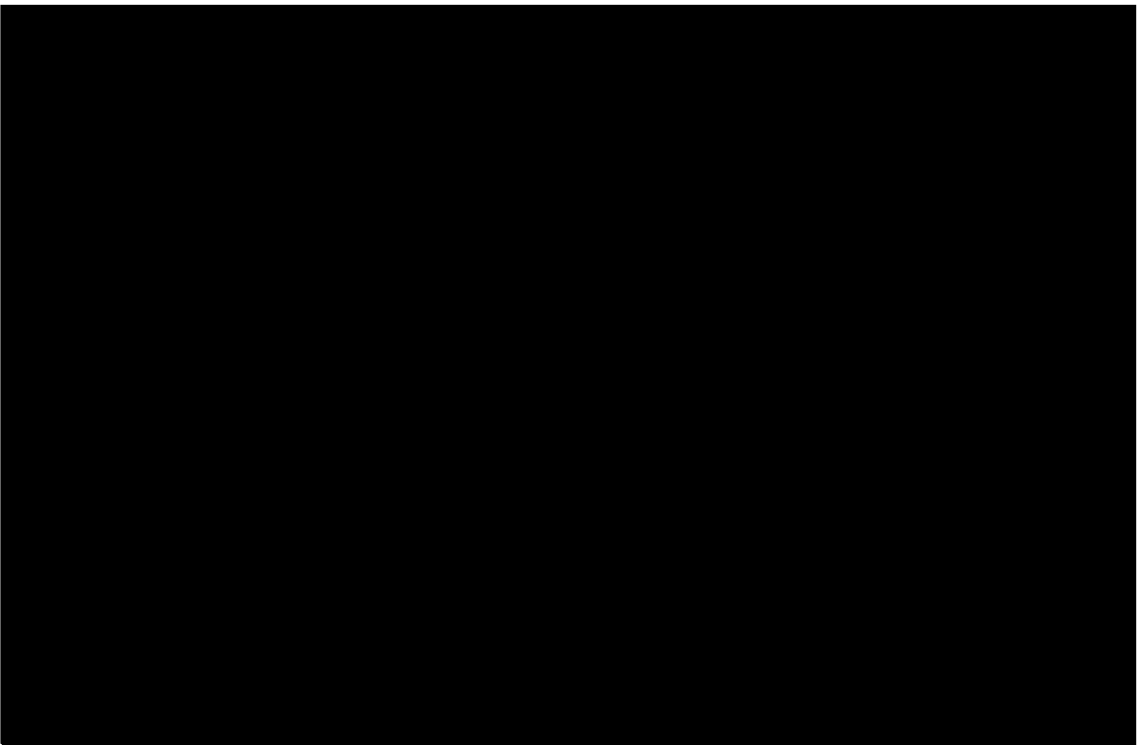


図 4-4(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : UD 方向))

表 4-11 固有値解析結果（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.190	0.00	0.92	0.00
2 次	0.129	0.79	0.00	0.00
3 次	0.082	0.07	0.00	0.00
4 次	0.051	0.00	0.01	0.00
5 次	0.044	0.00	0.00	0.00
6 次	0.041	0.01	0.00	0.00
7 次	0.035	0.00	0.00	0.44

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

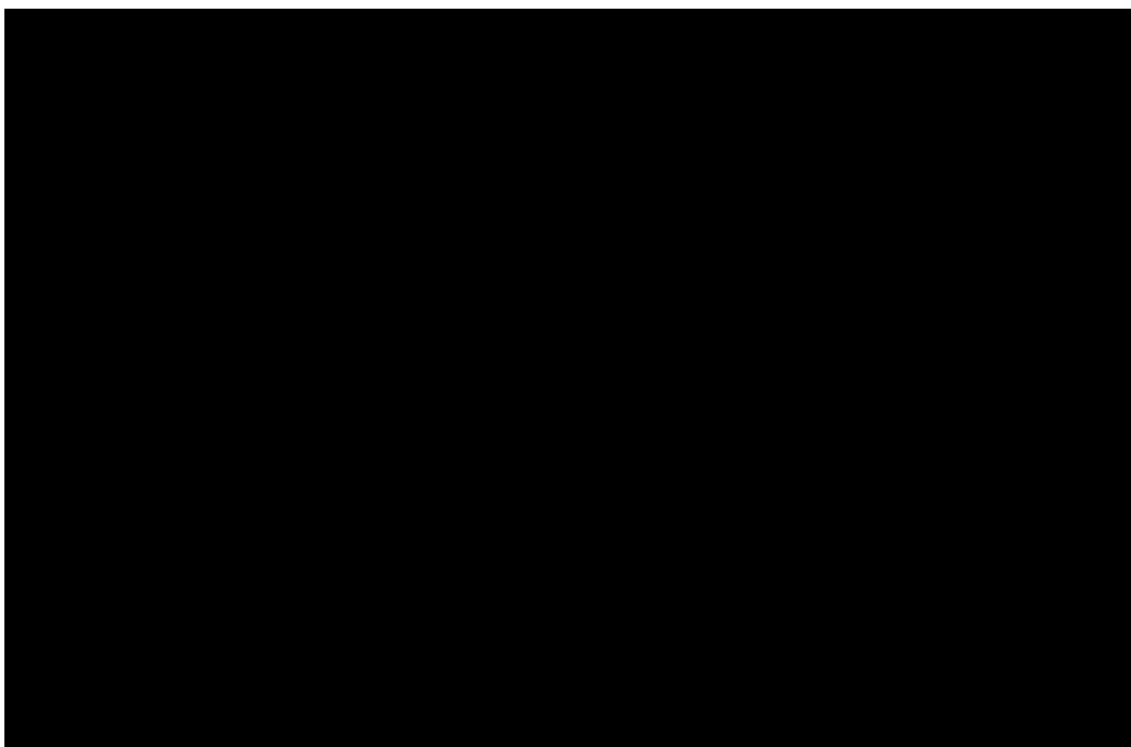


図 4-5(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向））

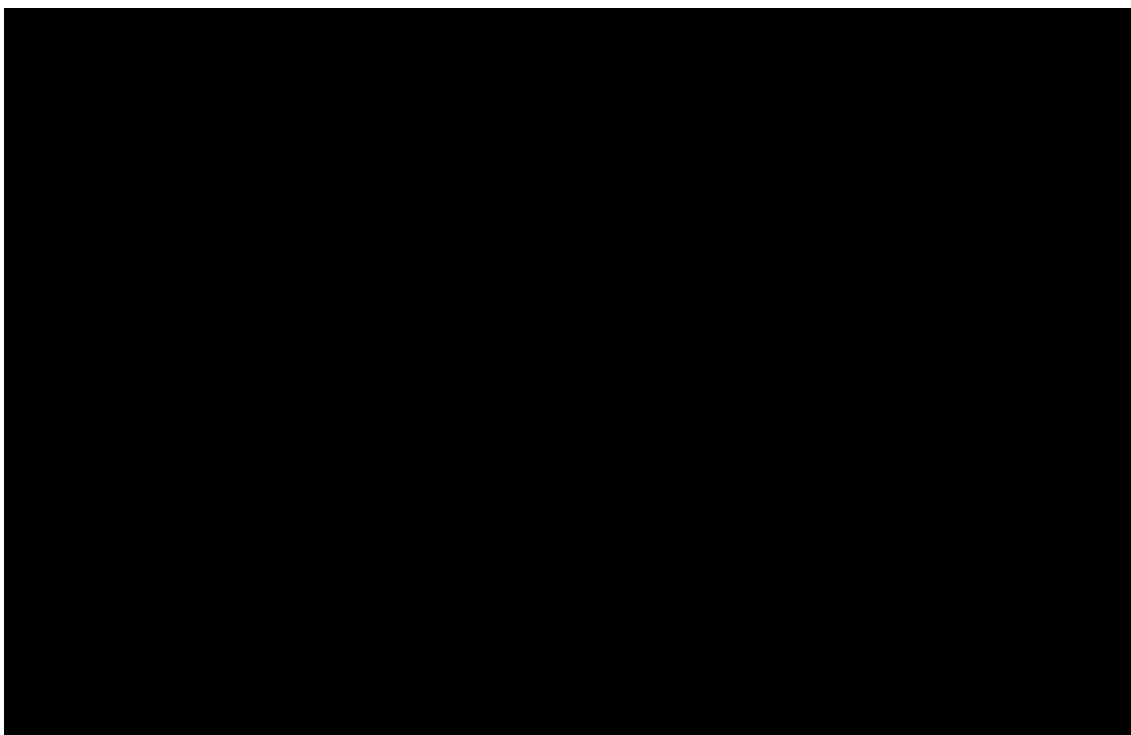


図 4-5(2) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : NS 方向))

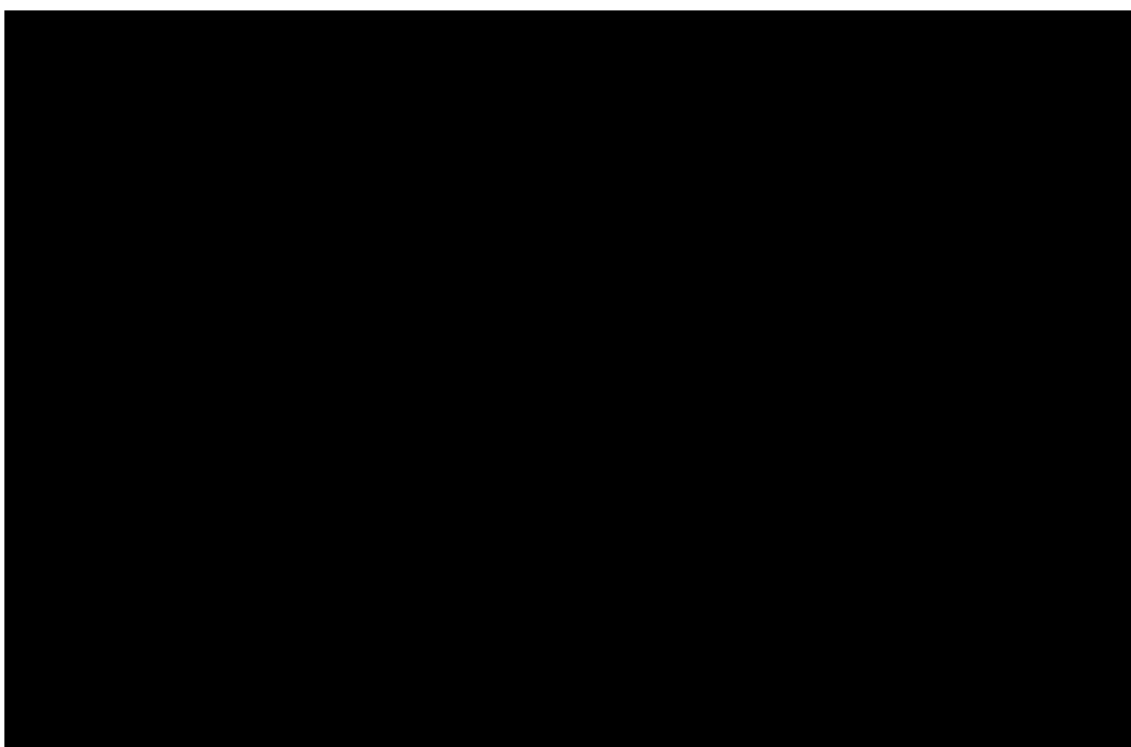


図 4-5(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : NS 方向))

表 4-12 固有値解析結果（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：EW 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.295	0.00	0.90	0.00
2 次	0.194	0.81	0.00	0.00
3 次	0.142	0.02	0.00	0.00
4 次	0.093	0.00	0.01	0.00
5 次	0.081	0.00	0.00	0.00
6 次	0.074	0.02	0.00	0.00
7 次	0.060	0.00	0.00	0.36

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

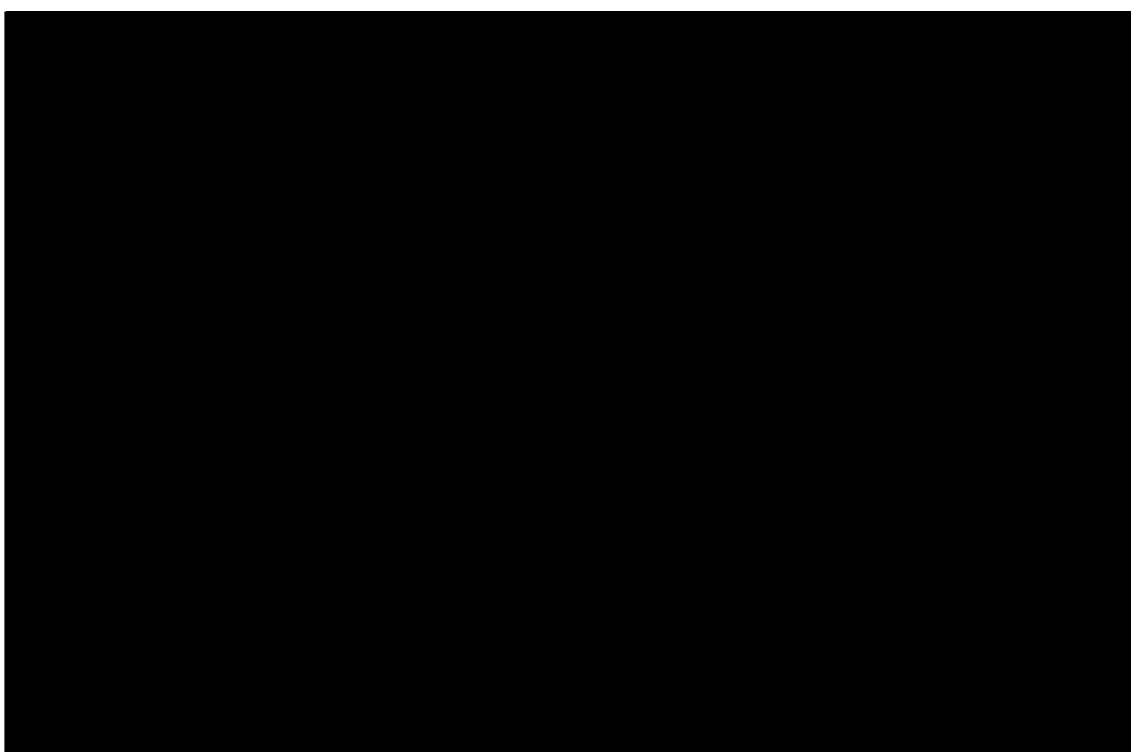


図 4-6(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：EW 方向））



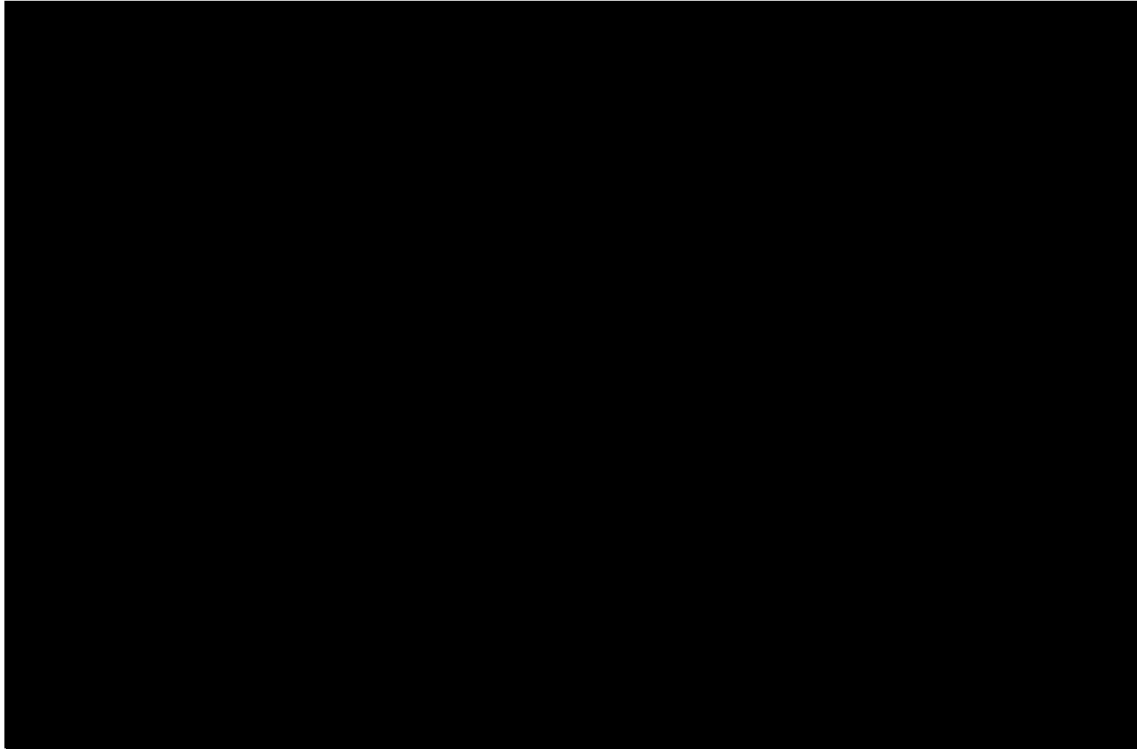


図 4-6(2) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : EW 方向))

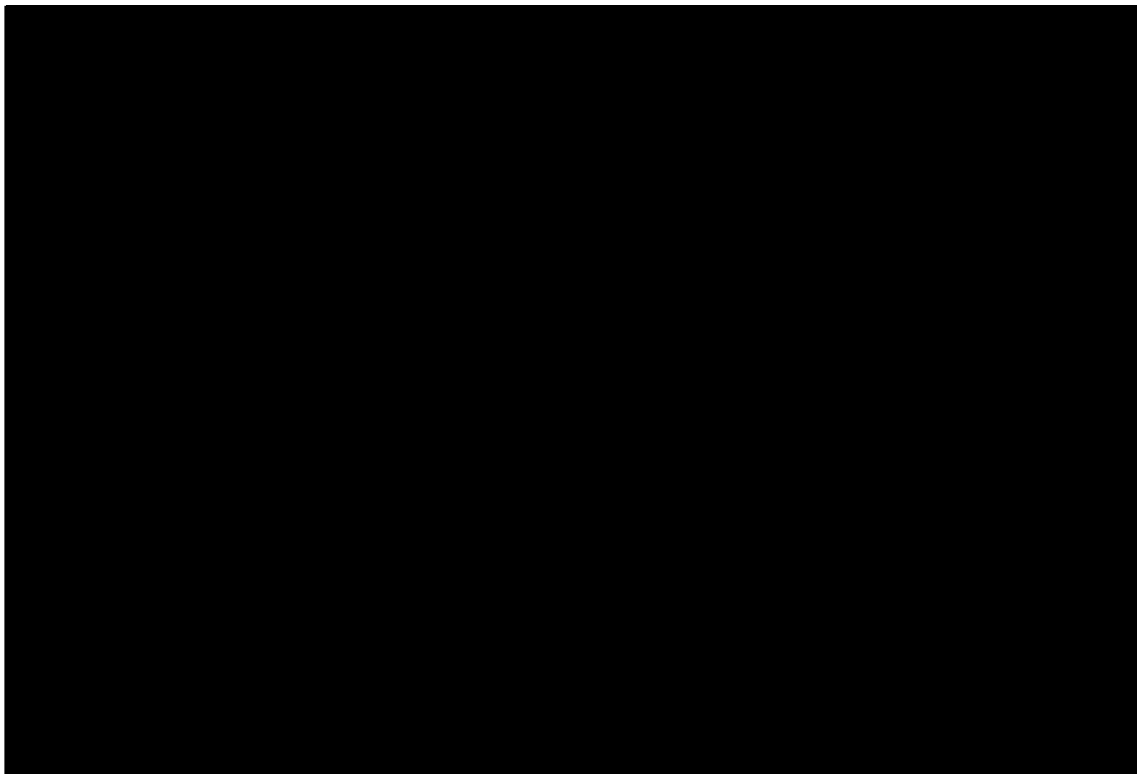


図 4-6(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : EW 方向))

表 4-13 固有値解析結果（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：UD 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.347	0.00	0.92	0.00
2 次	0.236	0.79	0.00	0.00
3 次	0.149	0.07	0.00	0.00
4 次	0.093	0.00	0.01	0.00
5 次	0.081	0.00	0.00	0.00
6 次	0.074	0.01	0.00	0.00
7 次	0.064	0.00	0.00	0.44

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

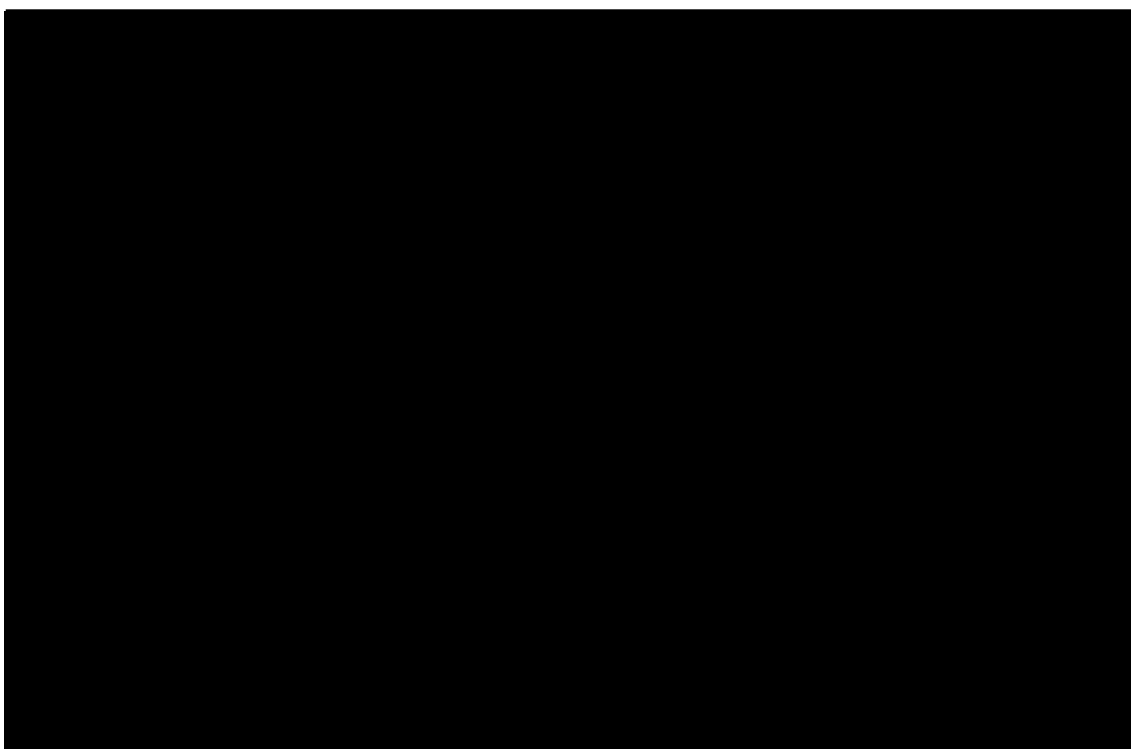


図 4-7(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：UD 方向））

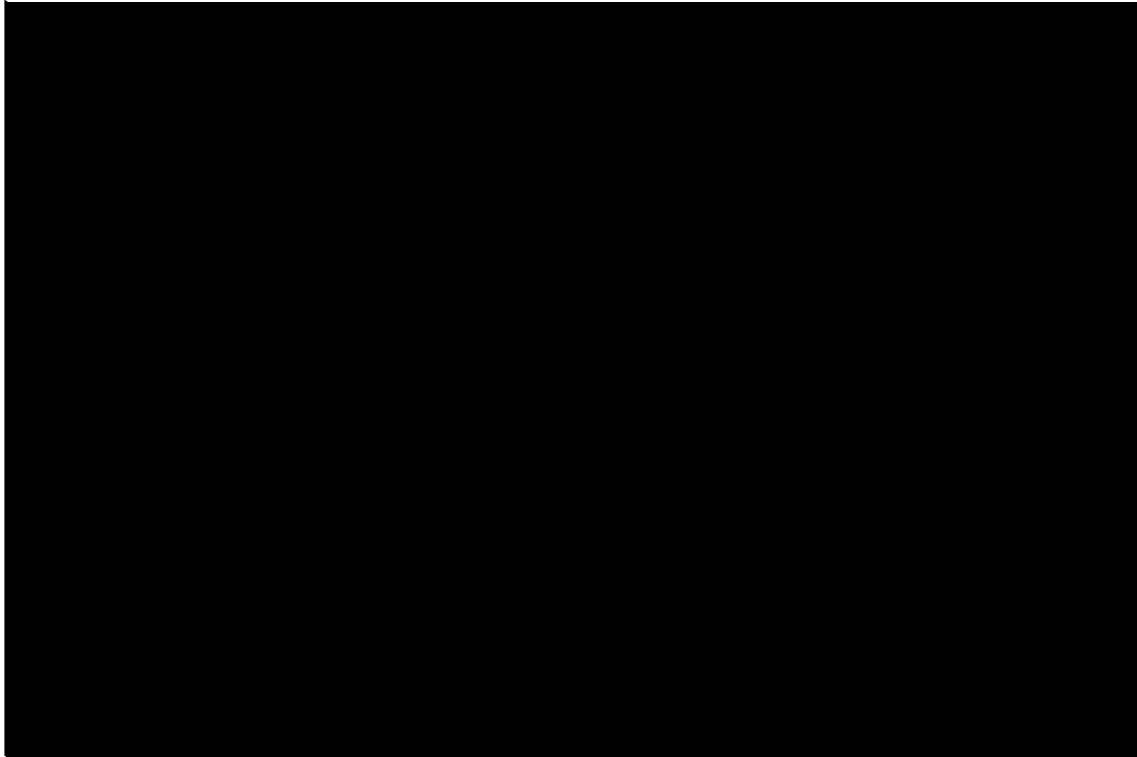


図 4-7(2) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : UD 方向))

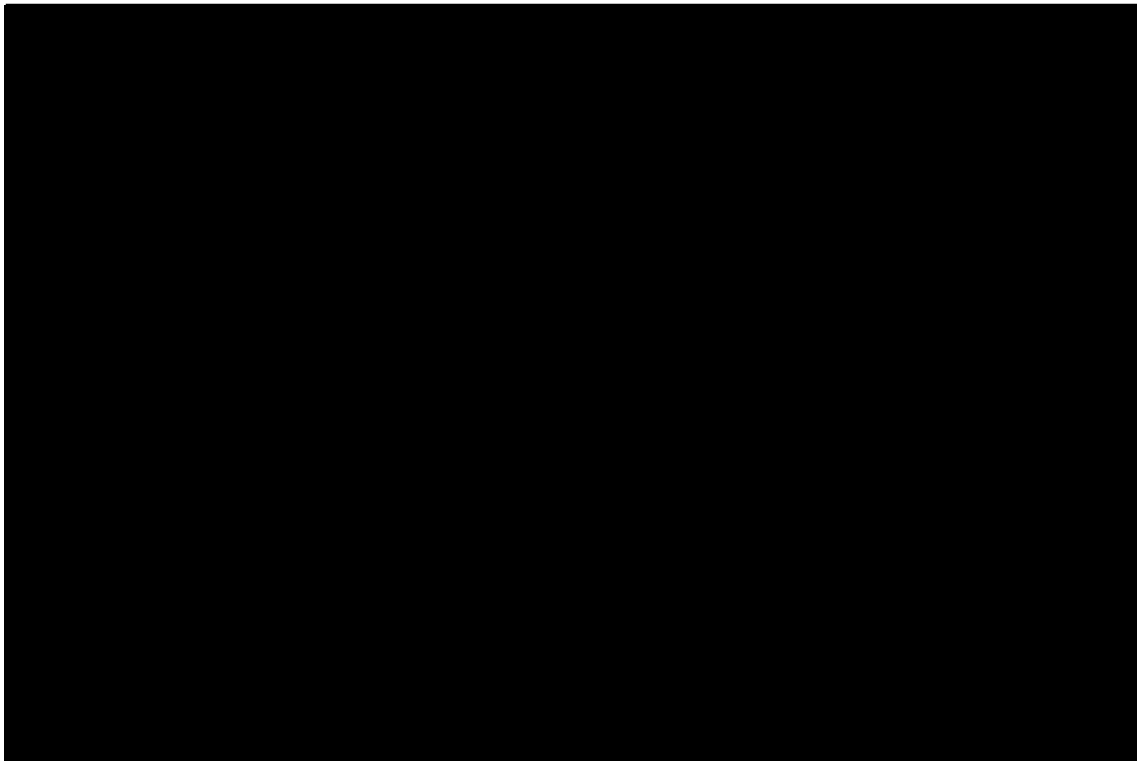


図 4-7(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : UD 方向))

表 4-14 固有値解析結果（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：NS 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.190	0.00	0.92	0.00
2 次	0.130	0.79	0.00	0.00
3 次	0.080	0.07	0.00	0.00
4 次	0.051	0.00	0.01	0.00
5 次	0.043	0.00	0.00	0.00
6 次	0.041	0.01	0.00	0.00
7 次	0.035	0.00	0.00	0.45

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

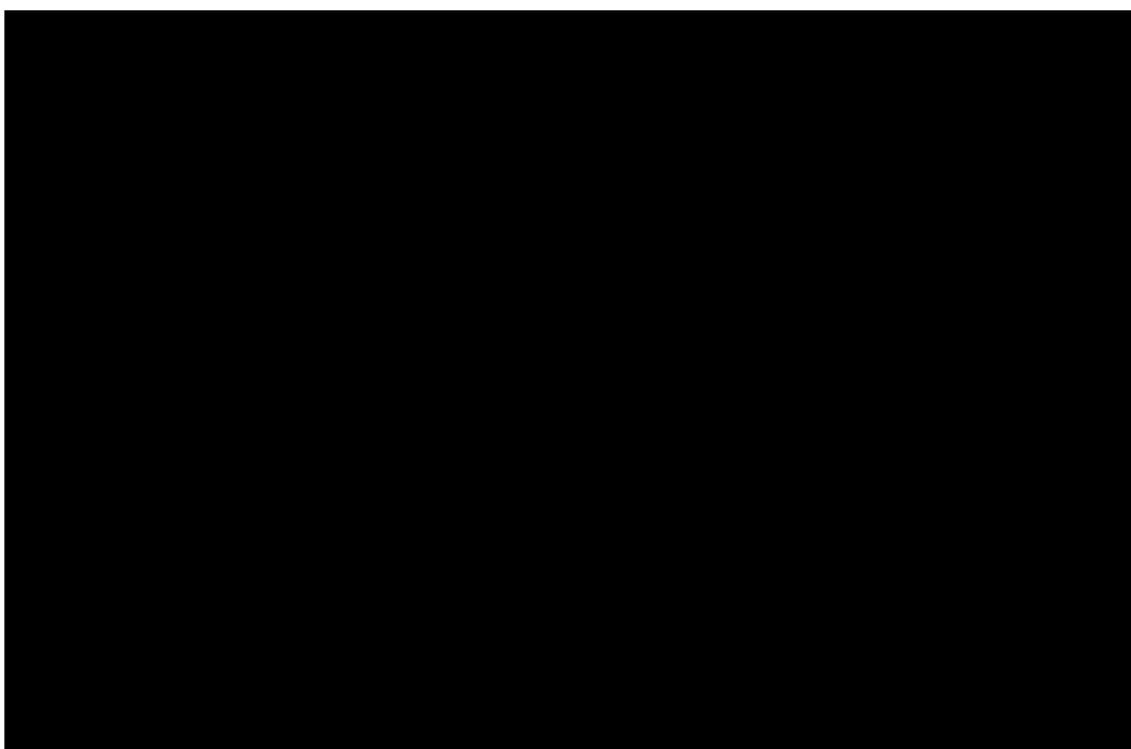


図 4-8(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：NS 方向））

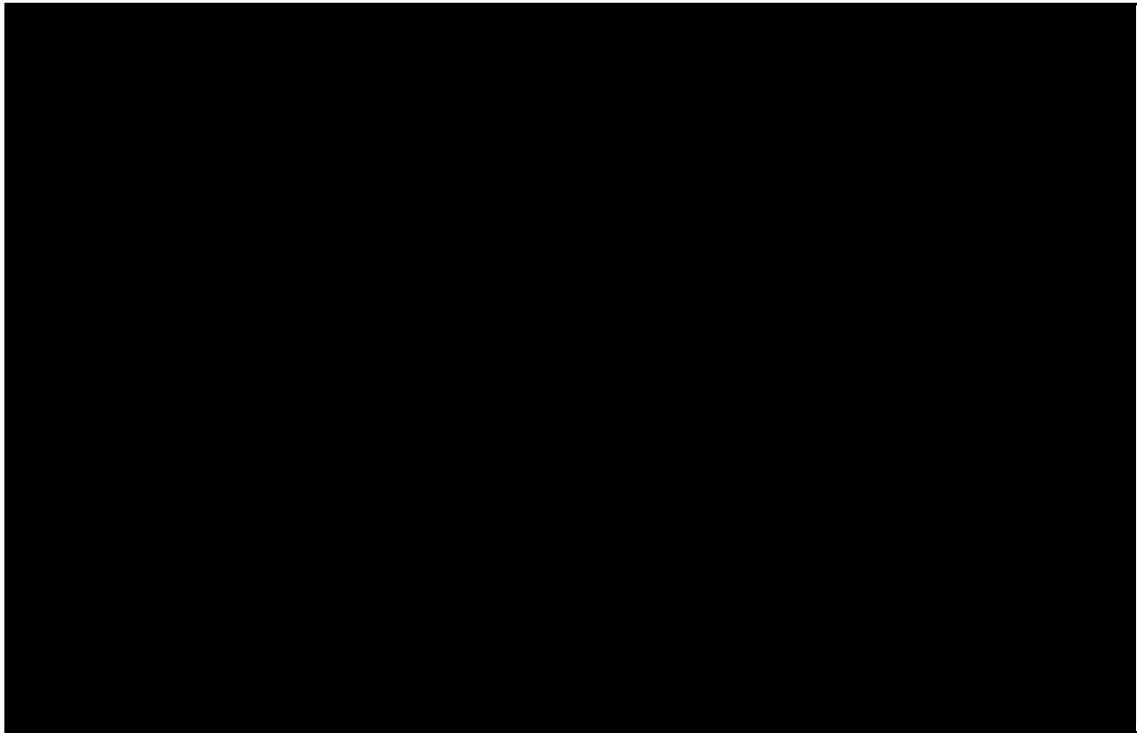


図 4-8(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向))

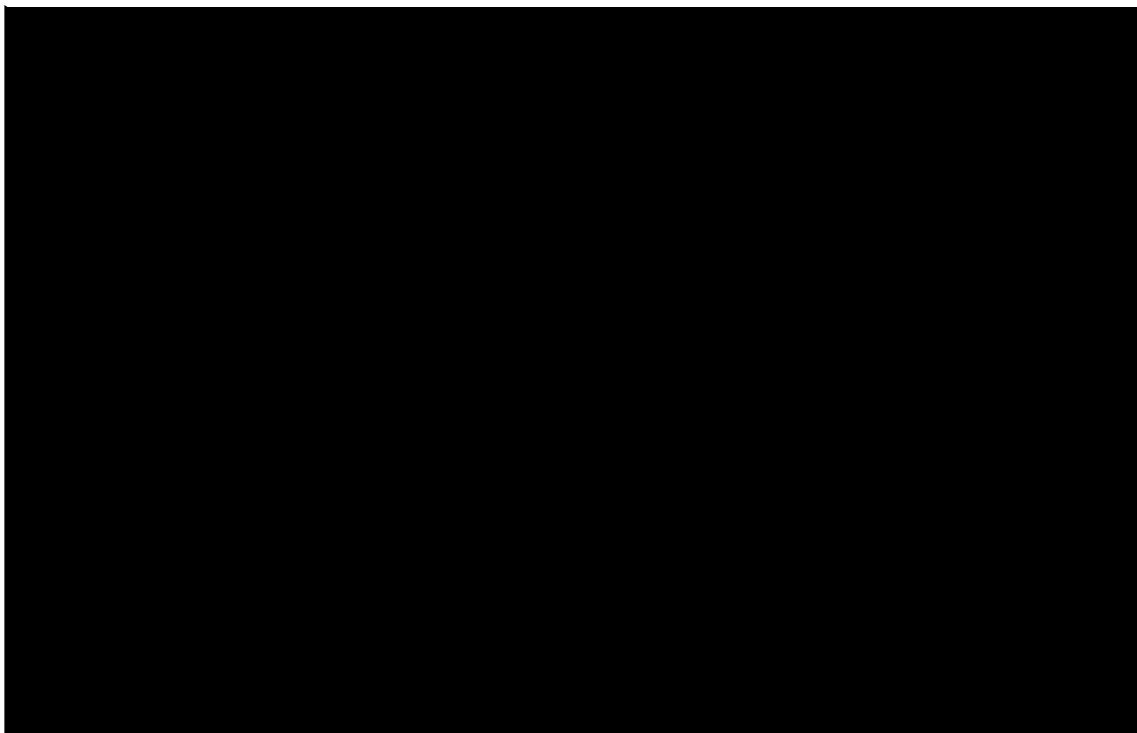


図 4-8(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向))

表 4-15 固有値解析結果（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：EW 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.295	0.00	0.90	0.00
2 次	0.196	0.80	0.00	0.00
3 次	0.140	0.03	0.00	0.00
4 次	0.093	0.00	0.01	0.00
5 次	0.079	0.00	0.00	0.00
6 次	0.074	0.02	0.00	0.00
7 次	0.060	0.00	0.00	0.37

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

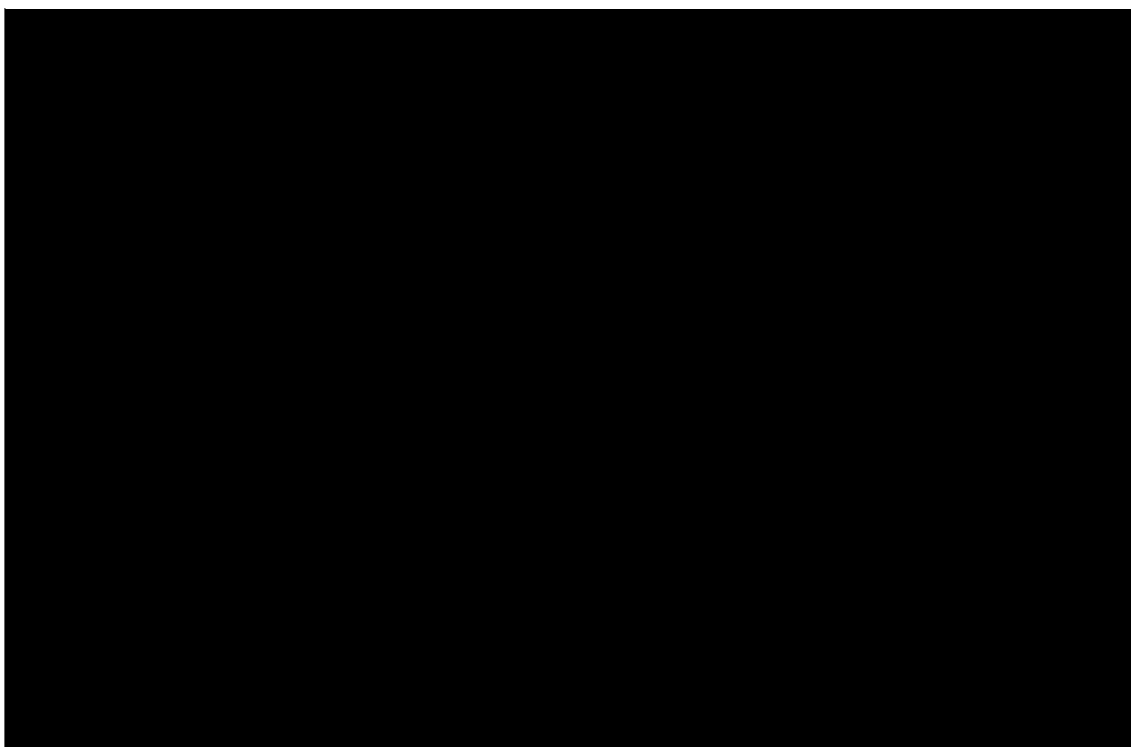


図 4-9(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：EW 方向））

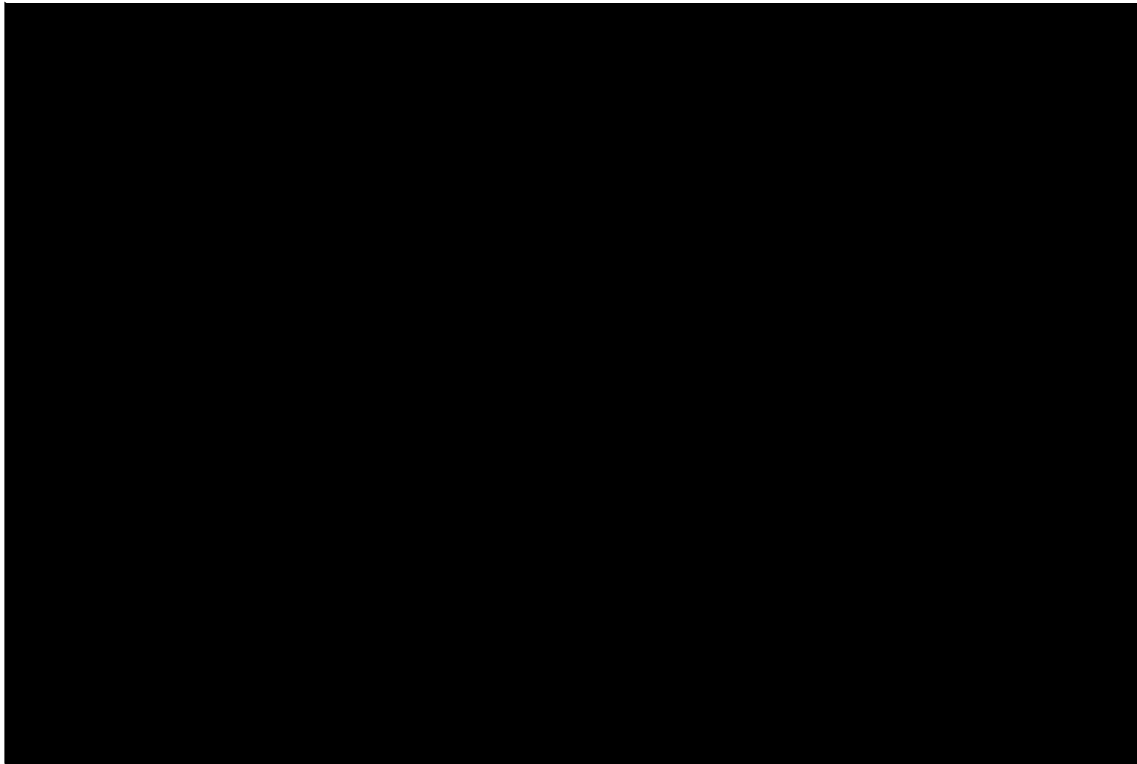


図 4-9(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向))

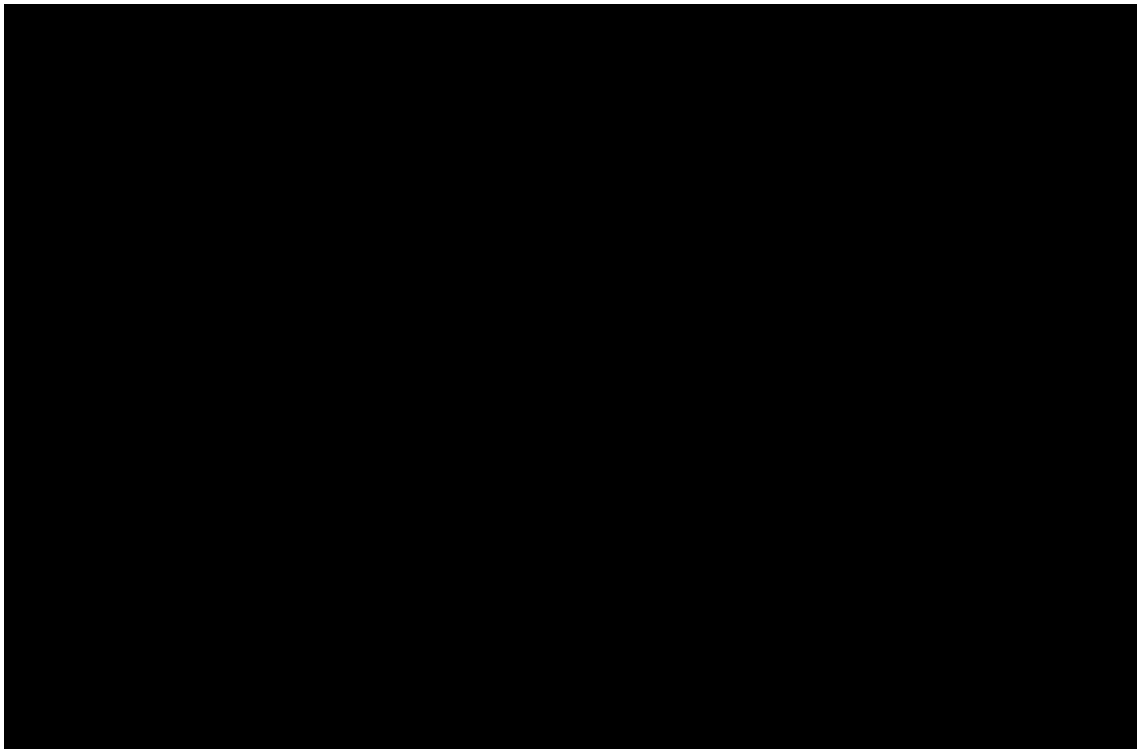


図 4-9(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向))

表 4-16 固有値解析結果（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：UD 方向））

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.346	0.00	0.92	0.00
2 次	0.238	0.79	0.00	0.00
3 次	0.146	0.07	0.00	0.00
4 次	0.093	0.00	0.01	0.00
5 次	0.079	0.00	0.00	0.00
6 次	0.074	0.01	0.00	0.00
7 次	0.064	0.00	0.00	0.45

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックス及び加振方向を示すベクトルの積から算出した値を示す。

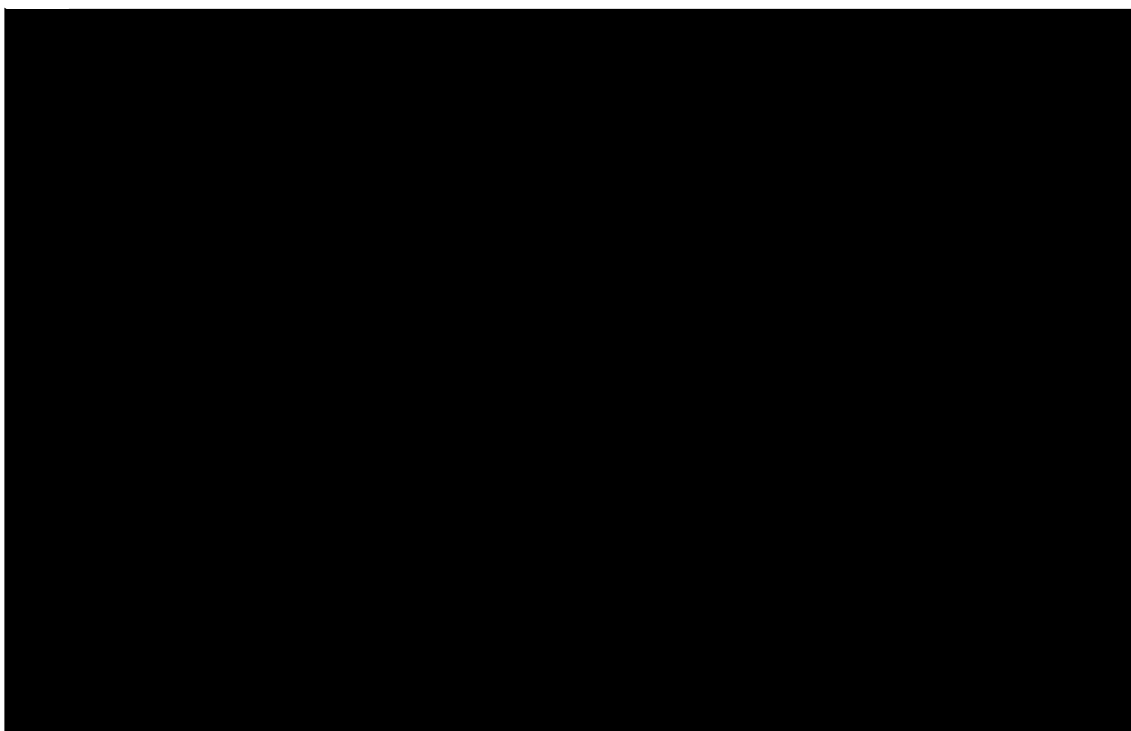


図 4-10(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：UD 方向））





図 4-10(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向))

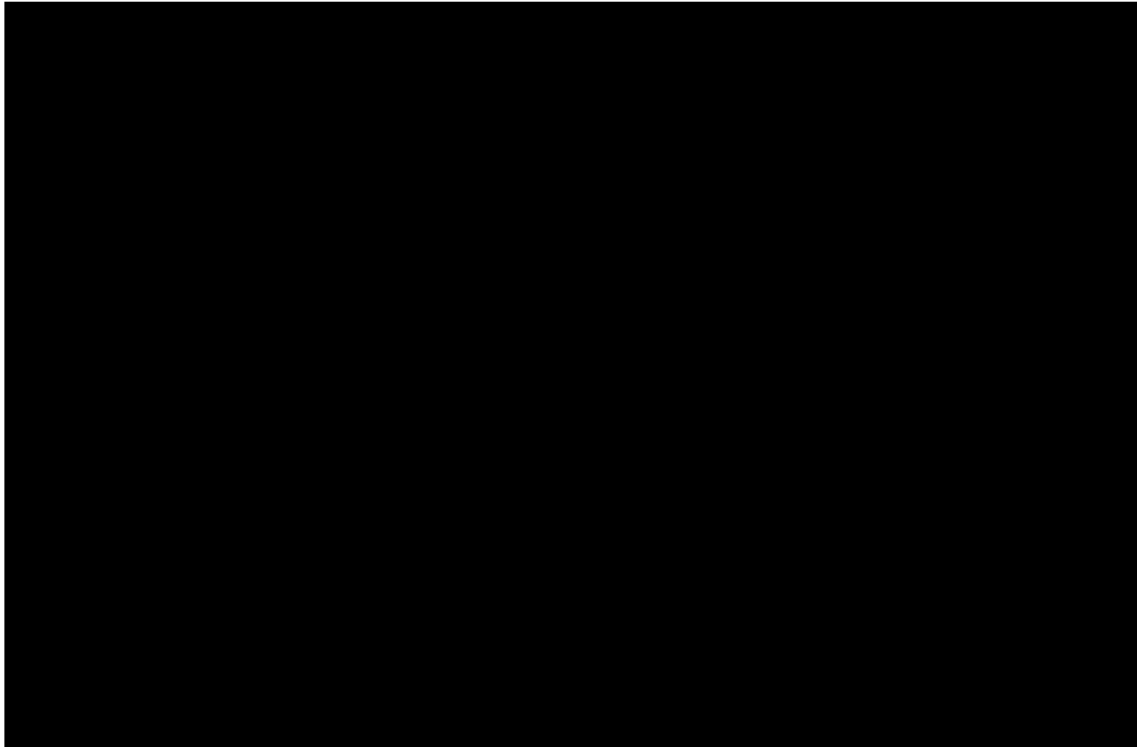


図 4-10(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向))

#### 4.5 設計用地震力

- (1) 耐震計算に用いる地震力は、図 4-3 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  $S_d$ ) 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. 約 26m) を適用する。
- (2) 建屋の地震応答解析から得られた時刻歴応答加速度の入力位置は、クレーン設置高さ (T.P. 約 26m) 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±10%拡幅したものを用いる。
- (4) 床応答スペクトルの減衰定数は、既往研究を踏まえ水平 2%、鉛直 2%を適用する。
- (5) 床応答スペクトルは、建屋の耐震補強による影響を考慮した裕度 (1.2 倍) を持たせる。

表 4-17(1) 設計用地震力 (トバリ位置：中央、加振方向：NS 方向)

据付場所及び床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫第 <del>一</del> 棟 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向：0.145 EW 方向：0.189 UD 方向：0.055		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 $S_d$		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.189	2.18	—	—
2 次	0.145	1.87	—	—
3 次	0.072	0.93	—	—
4 次	0.055	0.68	—	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

表 4-17(2) 設計用地震力 (トバリ位置：中央、加振方向：EW 方向)

据付場所及び床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向：0.210 EW 方向：0.295 UD 方向：0.073		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 $S_d$		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.210	—	2.45	—
3 次	0.131	—	1.69	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.085	—	1.01	—
6 次	0.073	—	0.78	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

表 4-17(3) 設計用地震力（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向：0.265 EW 方向：0.345 UD 方向：0.100		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.345	—	—	1.38
2 次	0.265	—	—	1.49
3 次	0.131	—	—	1.69
4 次	0.100	—	—	1.60

注記\*1：基準床レベルを示す。

表 4-17(4) 設計用地震力（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向：0.129 EW 方向：0.190 UD 方向：0.035		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.190	2.18	—	—
2 次	0.129	2.09	—	—
3 次	0.082	1.14	—	—
4 次	0.051	0.68	—	—
5 次	0.044	0.77* <sup>2</sup>	—	—
6 次	0.041	0.77* <sup>2</sup>	—	—
7 次	0.035	0.77* <sup>2</sup>	—	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：NS 方向の最大応答加速度の 1.2 倍を適用する。

表 4-17(5) 設計用地震力（トロッリ位置：東側，加振方向：EW 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向：0.194 EW 方向：0.295 UD 方向：0.060		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.194	—	2.15	—
3 次	0.142	—	1.89	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.081	—	0.93	—
6 次	0.074	—	0.81	—
7 次	0.060	—	0.70	—

注記\*1：基準床レベルを示す。

表 4-17(6) 設計用地震力（トロッリ位置：東側，加振方向：UD 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向：0.236 EW 方向：0.347 UD 方向：0.064		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.347	—	—	1.38
2 次	0.236	—	—	1.60
3 次	0.149	—	—	1.71
4 次	0.093	—	—	1.60
5 次	0.081	—	—	1.42
6 次	0.074	—	—	1.40
7 次	0.064	—	—	1.41

注記\*1：基準床レベルを示す。

表 4-17(7) 設計用地震力 (トロッリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向)

据付場所及び床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向 : 0.130 EW 方向 : 0.190 UD 方向 : 0.035		
減衰定数 (%)		水平 : 2.0 鉛直 : 2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.190	2.18	—	—
2 次	0.130	2.09	—	—
3 次	0.080	1.11	—	—
4 次	0.051	0.68	—	—
5 次	0.043	0.77* <sup>2</sup>	—	—
6 次	0.041	0.77* <sup>2</sup>	—	—
7 次	0.035	0.77* <sup>2</sup>	—	—

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : NS 方向の最大応答加速度の 1.2 倍を適用する。

表 4-17(8) 設計用地震力 (トロッリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向)

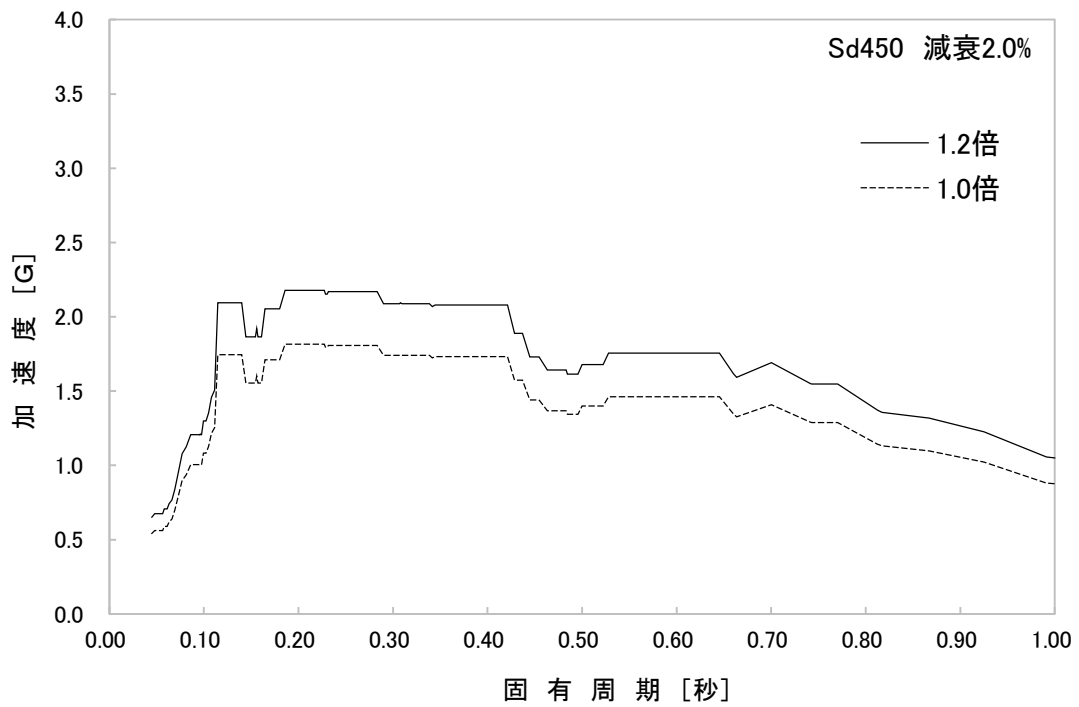
据付場所及び床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向 : 0.196 EW 方向 : 0.295 UD 方向 : 0.060		
減衰定数 (%)		水平 : 2.0 鉛直 : 2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.196	—	2.27	—
3 次	0.140	—	1.81	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.079	—	0.92	—
6 次	0.074	—	0.81	—
7 次	0.060	—	0.70	—

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

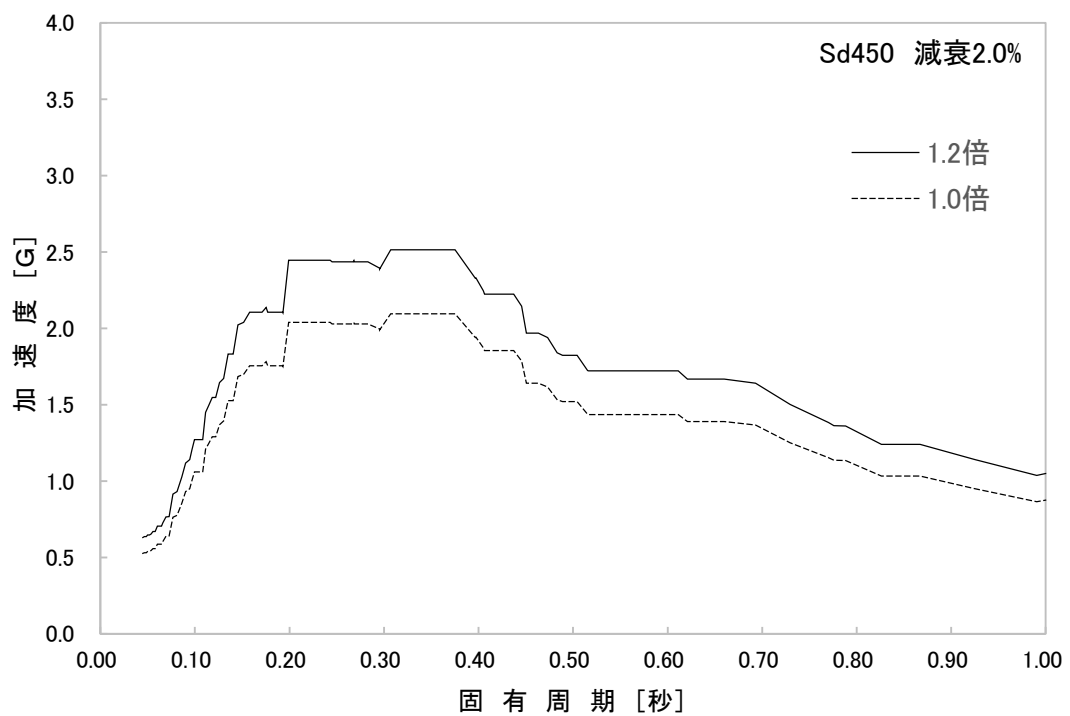
表 4-17(9) 設計用地震力（トロッリ位置：西側，加振方向：UD 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向：0.238 EW 方向：0.346 UD 方向：0.064		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.346	—	—	1.38
2 次	0.238	—	—	1.60
3 次	0.146	—	—	1.70
4 次	0.093	—	—	1.60
5 次	0.079	—	—	1.37
6 次	0.074	—	—	1.40
7 次	0.064	—	—	1.41

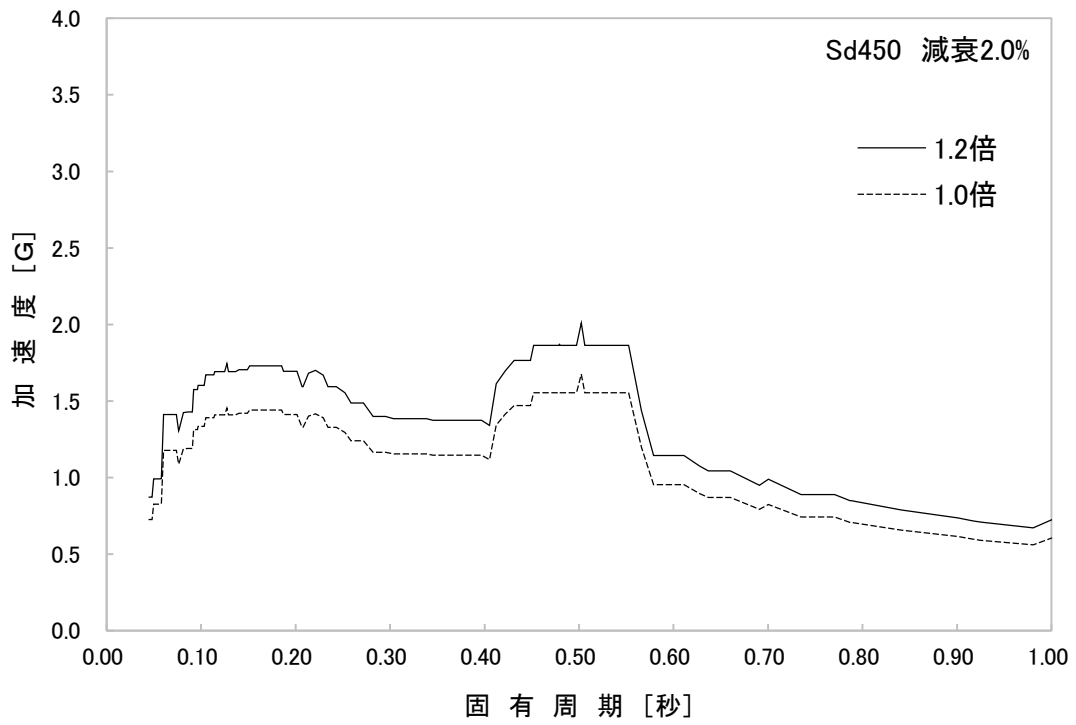
注記\*1：基準床レベルを示す。



(1FL T.P. 約 26m, S d 4 5 0, NS 方向, ±10%振幅)



(1FL T.P. 約 26m, S d 4 5 0, EW 方向, ±10%振幅)



(1FL T.P. 約 26m, S d 4 5 0, UD 方向, ±10% 拡幅)

図 4-11 大型廃棄物保管庫 床応答スペクトル



4.6 応力の評価

4.6.1 クレーン本体の応力評価

クレーン本体の引張応力、圧縮応力、曲げ応力、せん断応力及び組合せ応力が、下記許容引張応力  $f_t$ 、許容圧縮応力  $f_c$ 、許容曲げ応力  $f_b$ 、許容せん断応力  $f_s$  以下であること。

	弾性設計用地震動 S d による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_t$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 $f_c$	a. 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合 $\left\{1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2\right\} \cdot \frac{F}{\nu} \cdot 1.5$ b. 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合 $0.277 \cdot F \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^2 \cdot 1.5$
許容曲げ応力 $f_b$	$\text{Min}\left(\frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{I_b \cdot h}, \frac{F}{1.5}\right) \cdot 1.5$
許容せん断応力 $f_s$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 E}{0.6 \cdot F}} \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2 \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

4.6.2 連結ボルトの応力評価

連結ボルトの引張応力及びせん断応力が、下記許容引張応力  $f_{ts}$  及び許容せん断応力  $f_{so}$  以下であること。

	弾性設計用地震動 S d による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{ts}$	$\text{Min}(1.4 \cdot f_{to} - 1.6\tau, f_{to})$
許容せん断応力 $f_{so}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

$$f_{to} = \frac{F}{2} \cdot 1.5 \dots\dots\dots (4.6.2.1)$$

4.6.3 走行／横行浮上り防止治具の応力評価

4.6.3.1 走行／横行浮上り防止爪の応力評価

走行／横行浮上り防止爪の組合せ応力が、下記許容引張応力 $f_t$ 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_t$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$

4.6.3.2 走行／横行浮上り防止爪取付ボルトの応力評価

走行／横行浮上り防止爪取付ボルトの引張応力及びせん断応力が、下記許容引張応力 $f_{ts}$ 及び許容せん断応力 $f_{so}$ 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{ts}$	$Min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6\tau, f_{to})$
許容せん断応力 $f_{so}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

$$f_{to} = \frac{F}{2} \cdot 1.5 \quad \dots \dots \dots (4.6.3.2.1)$$

4.6.4 走行レール取付部材の応力評価

4.6.4.1 走行レールクリップの応力評価

走行レールクリップの曲げ応力が、下記許容曲げ応力 $f_b$ 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d による 荷重との組合せの場合
許容曲げ応力 $f_b$	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$

4.6.4.2 走行レール基礎ボルトの応力評価

走行レール基礎ボルトの引張応力及びせん断応力が、下記許容引張応力 $f_{ts}$ 及び許容せん断応力 $f_{so}$ 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 $f_{ts}$	$Min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6\tau, f_{to})$
許容せん断応力 $f_{so}$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

$$f_{to} = \frac{F}{2} \cdot 1.5 \quad \dots \dots \dots (4.6.4.2.1)$$

4.6.5 ワイヤロープ及びフックの評価

ワイヤロープ及びフックの支持荷重が許容荷重以下であること。

4.6.6 応力の評価方法

材料及び許容応力を表 4-18 に示す。

表 4-18(1) 材料及び許容応力

評価部位		使用材料	応力の種類	許容応力 (MPa)	単位
クレーン本体		SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	390	MPa
			せん断	225	MPa
			圧縮	361	MPa
			曲げ	390	MPa
			組合せ	390	MPa
連結ボルト		F10T	引張	511	MPa
			せん断	393	MPa
		S10T	せん断	393	MPa
走行浮上り防止治具	爪	SS400 (100mm < t)	組合せ	199	MPa
	取付ボルト	12.9T	引張	624	MPa
			せん断	480	MPa
			8.8T	引張	424
せん断	326	MPa			
横行浮上り防止治具	爪	SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	組合せ	390	MPa
	取付ボルト	12.9T	引張	624	MPa
走行レール取付部材	レールクリップ	FCD450	曲げ	272	MPa
		SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	曲げ	229	MPa
	基礎ボルト	SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	103	MPa
			せん断	132	MPa

表 4-18(2) 材料及び許容荷重

評価部位	材料	荷重	許容荷重 (N)	
ワイヤロープ	SWRH 62A	支持荷重	$1.765 \times 10^6$	N
フック	S35C	支持荷重	$1.471 \times 10^6$	N

5. 評価結果

評価結果は、表 5-1 に示すとおり、弾性設計用地震動  $S_d$  に対して十分な強度を有していることを確認した。

表 5-1(1) 算定応力の評価

評価部位		使用材料	応力の種類	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	単位
クレーン本体		SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	31	390	MPa
			せん断	53	225	MPa
			圧縮	31	361	MPa
			曲げ	175	390	MPa
			組合せ	188	390	MPa
連結ボルト		F10T	引張	271	511	MPa
			せん断	32	393	MPa
		S10T	せん断	41	393	MPa
走行浮上り防止治具	爪	SS400 (100mm < t)	組合せ	79	199	MPa
	取付ボルト	12.9T	引張	107	624	MPa
			せん断	25	480	MPa
		8.8T	引張	78	424	MPa
			せん断	50	326	MPa
横行浮上り防止治具	爪	SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	組合せ	162	390	MPa
	取付ボルト	12.9T	引張	275	624	MPa
走行レール取付部材	レールクリップ	FCD450	曲げ	84	272	MPa
		SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	曲げ	37	229	MPa
	基礎ボルト	SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	44	103	MPa
			せん断	89	132	MPa

表 5-1(2) 算定荷重の評価

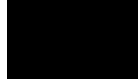
評価部位	使用材料	応力の種類荷重	算出荷重 (N)	許容荷重 (N)	単位
ワイヤロープ	SWRH 62A	支持荷重	$1.042 \times 10^6$	$1.765 \times 10^6$	N
フック	S35C	支持荷重	$1.042 \times 10^6$	$1.471 \times 10^6$	N

6. 応力の計算方法（数値は各応力の裕度の最も小さい箇所を記載）

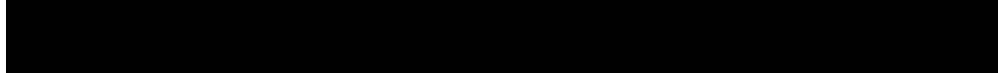
6.1 クレーン本体の応力

クレーン本体部材に加わる荷重は~~応答スペクトル~~スペクトルモーダル解析により求める。クレーン本体部材の応力は図 6-1 を用いて計算する。

(1) 引張応力： $\sigma_{t1}$

 ..... (6.1.1)

$\sigma_{t1}$  : クレーン本体部材に作用する引張応力 31 (MPa)




(2) せん断応力： $\tau_1$

 ..... (6.1.2)

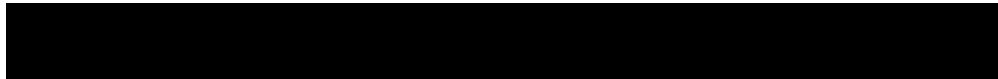
$\tau_1$  : クレーン本体部材に作用するせん断応力 53 (MPa)



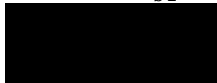
(3) 圧縮応力： $\sigma_{c1}$

 ..... (6.1.3)

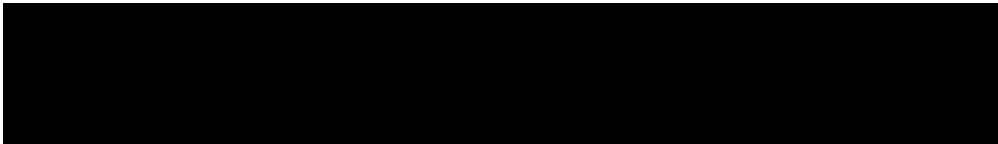
$\sigma_{c1}$  : クレーン本体部材に作用する圧縮応力 31 (MPa)



(4) 曲げ応力： $\sigma_{b1}$


 ..... (6.1.4)

$\sigma_{b1}$  : クレーン本体部材に作用する曲げ応力 175 (MPa)

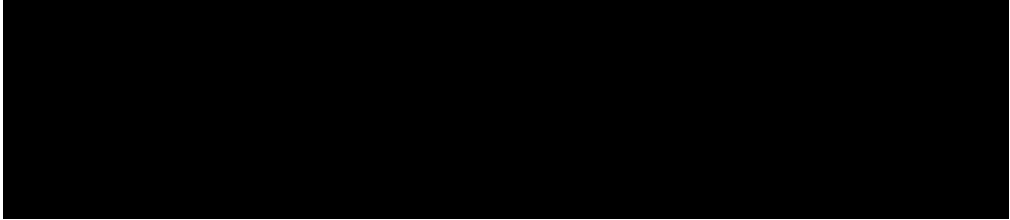


(5) 組合せ応力

a. 組合せ軸応力： $\sigma_1$

 ..... (6.1.5)

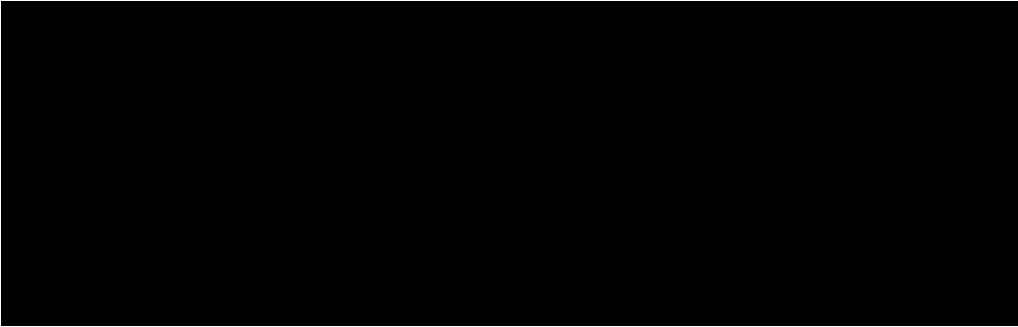
$\sigma_1$  : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力 182 (MPa)




b. せん断応力

 ..... (6.1.6)

$\tau_1$  : クレーン本体部材に作用するせん断応力 27 (MPa)



c. 組合せ応力： $\sigma_{k1}$

 ..... (6.1.7)

$\sigma_{k1}$  : クレーン本体部材に作用する組合せ応力 188 (MPa)

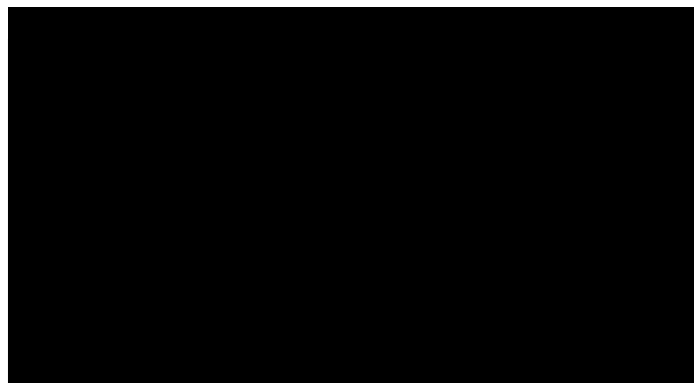


図 6-1 クレーン本体部材の軸方向

6.2 連結ボルトの応力

連結ボルトに加わる荷重は~~応答スペクトル~~スペクトルモーダル解析により求める。連結ボルトの評価はクレーン本体の部材を連結する「脚上部連結部」,「脚下部連結部」,「脚つなぎ連結部」,「桁つなぎ連結部」の評価を実施する。

(1) 連結ボルト 1 本あたりに作用する応力 (脚上部連結部, 脚下部連結部, 脚つなぎ連結部, 桁つなぎ連結部)

a. 引張応力:  $\sigma_{t2}$

..... (6.2.1)

$\sigma_{t2}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 271 (MPa)

b. せん断応力:  $\sigma_{s1}$

..... (6.2.2)

$\sigma_{s1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 41 (MPa)

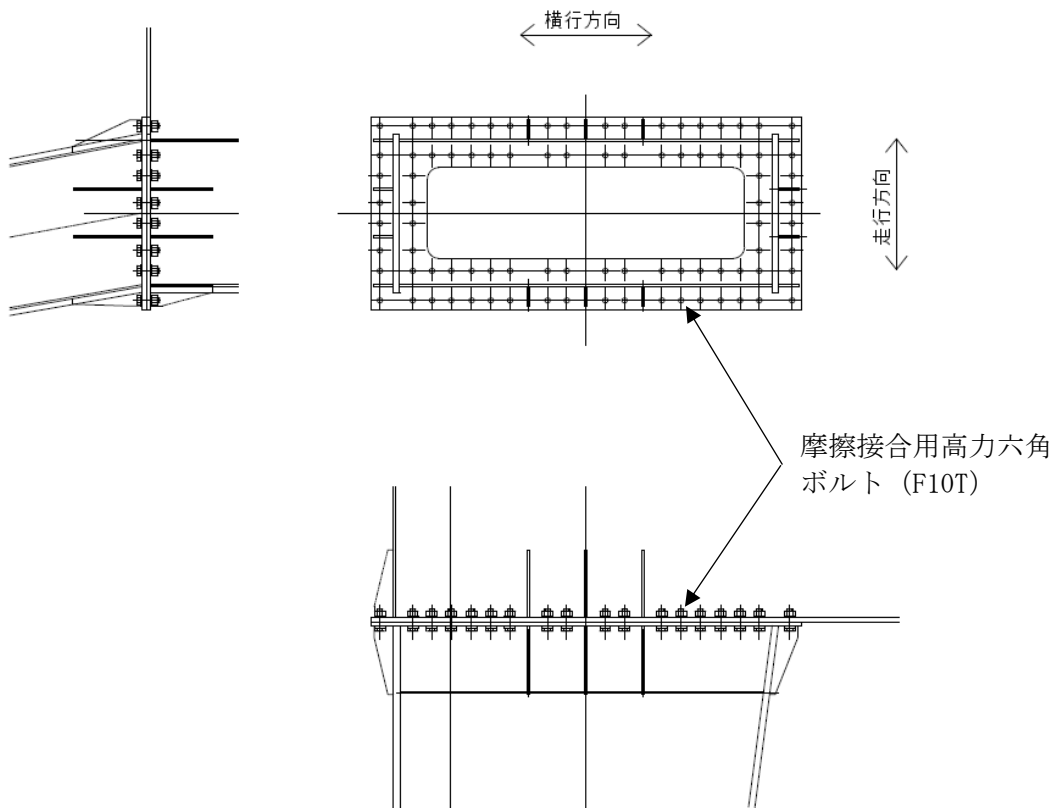


図 6-2 脚上部連結部

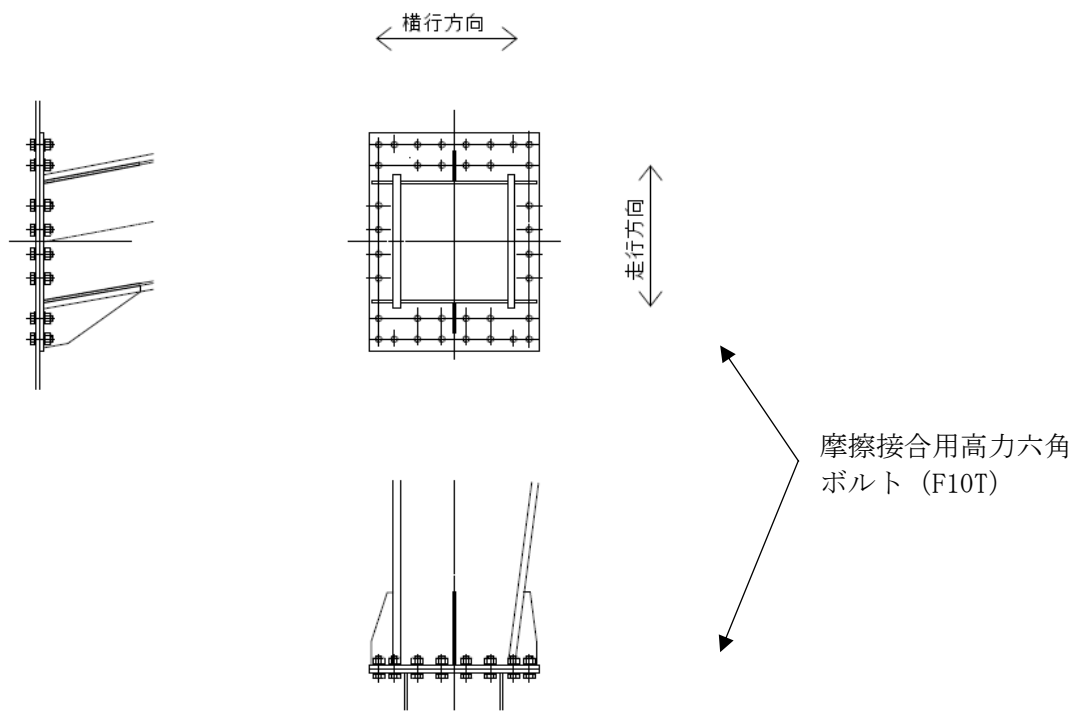


図 6-3 脚下部連結部

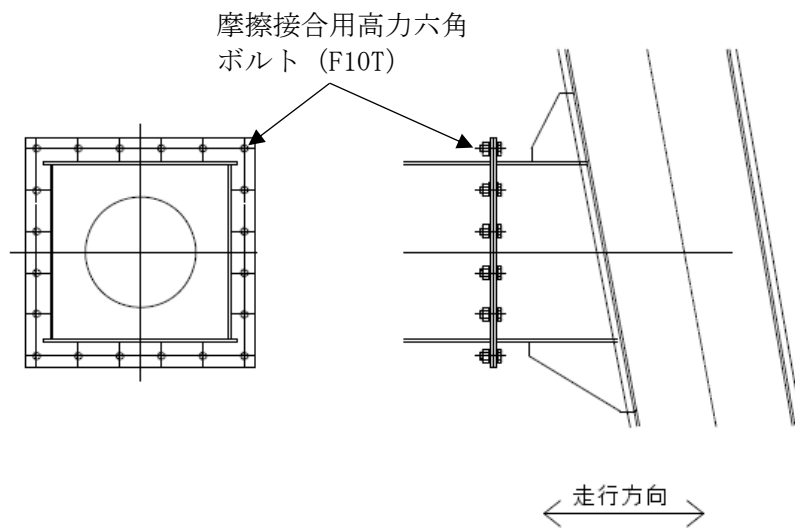


図 6-4 脚つなぎ連結部



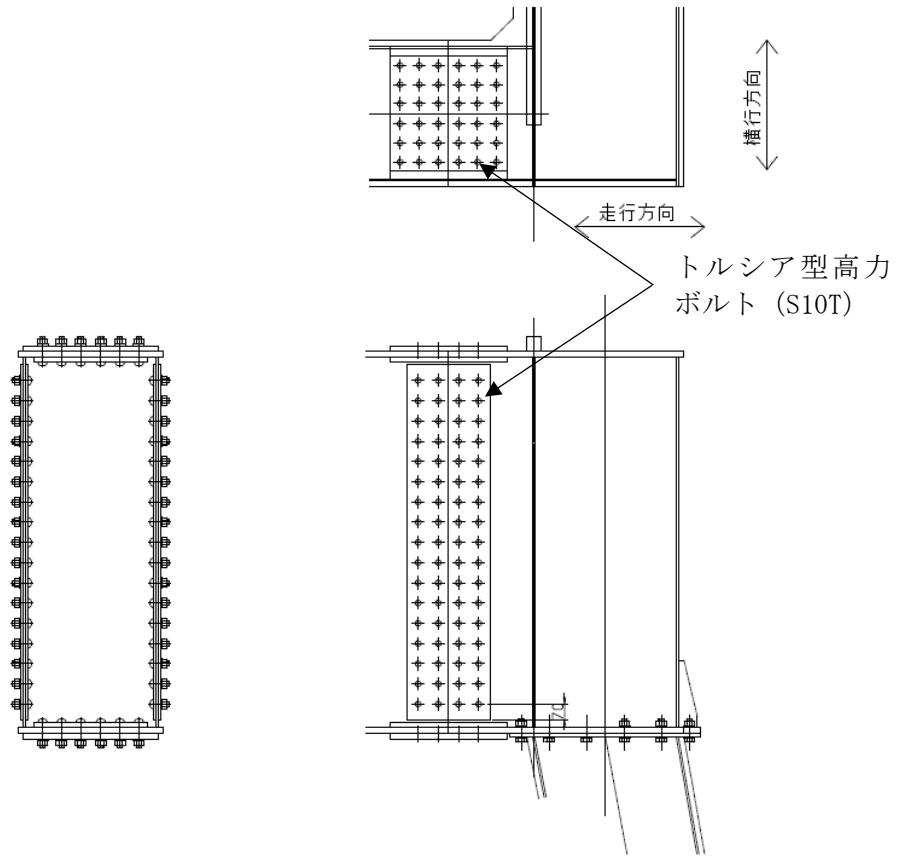


図 6-5 桁つなぎ連結部

### 6.3 走行浮上り防止治具の応力

走行浮上り防止治具に加わる荷重は**応答スペクトルスペクトルモーダル**解析により求める。走行浮上り防止爪の応力**を**は図 6-6, 図 6-7 を用いて計算**する。し**, 走行浮上り防止爪取付ボルトの応力**を**は図 6-8, 図 6-9 を用いて計算する。

#### (1) 走行浮上り防止爪 (先端) に作用する応力

##### a. 曲げ応力 : $\sigma_{b2}$

$\sigma_{b2}$  ..... (6.3.1)

$\sigma_{b2}$  : 走行浮上り防止爪 (先端) に作用する曲げ応力 76 (MPa)

##### b. せん断応力 : $\tau_2$

$\tau_2$  ..... (6.3.2)

$\tau_2$  : 走行浮上り防止爪 (先端) に作用するせん断応力 14 (MPa)

##### c. 組合せ応力 : $\sigma_{k2}$

$\sigma_{k2}$  ..... (6.3.3)

$\sigma_{k2}$  : 走行浮上り防止爪 (先端) に作用する組合せ応力 79 (MPa)

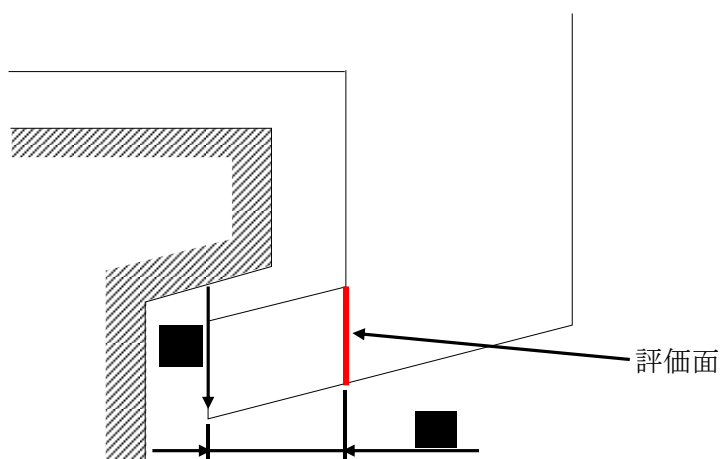


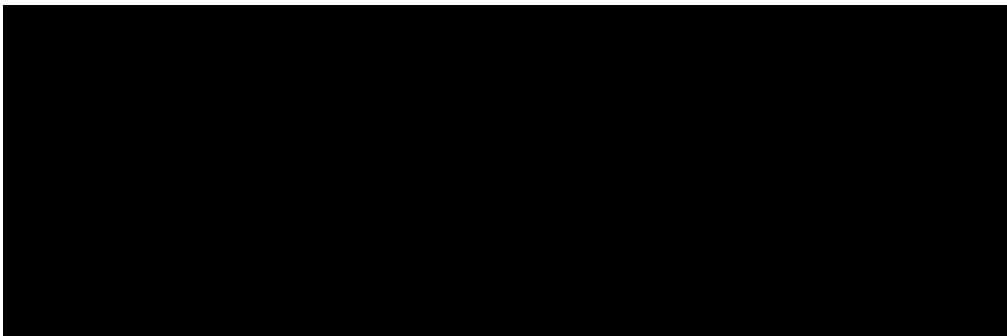
図 6-6 走行浮上り防止爪 (先端)

(2) 走行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b3}$

..... (6.3.4)

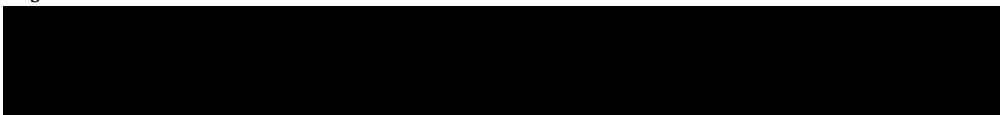
$\sigma_{b3}$  : 走行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 73 (MPa)



b. せん断応力： $\tau_3$

..... (6.3.5)

$\tau_3$  : 走行浮上り防止爪（根本）に作用するせん断応力 7 (MPa)



c. 組合せ応力： $\sigma_{k3}$

..... (6.3.6)

$\sigma_{k3}$  : 走行浮上り防止爪（根本）に作用する組合せ応力 74 (MPa)

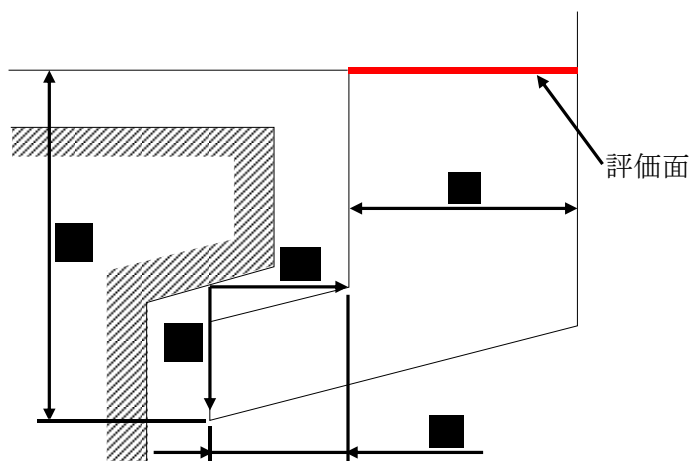
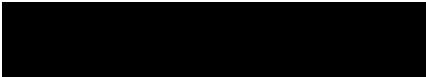



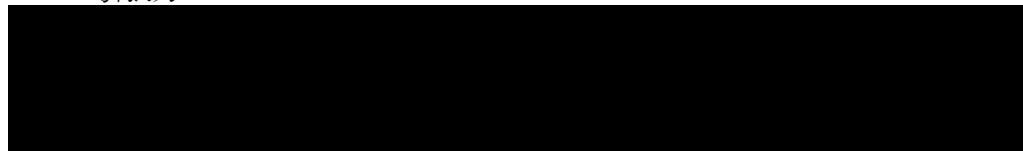
図 6-7 走行浮上り防止爪（根本）

(3) 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)のボルト1本**当たり**に作用する応力

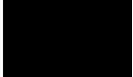
a. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用する引張力： $T_1$

 ..... (6.3.7)

$T_1$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用する  (N)  
引張力



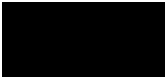
b. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用する引張応力： $\sigma_{t3}$

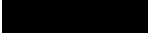
 ..... (6.3.8)

$\sigma_{t3}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用する 107 (MPa)  
引張応力



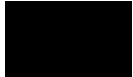
c. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用するせん断力： $S_1$

 ..... (6.3.9)

$S_1$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用する  (N)  
せん断力



d. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用するせん断応力： $\sigma_{s2}$

 ..... (6.3.10)

$\sigma_{s2}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本**当たり**に作用する 25 (MPa)  
せん断応力



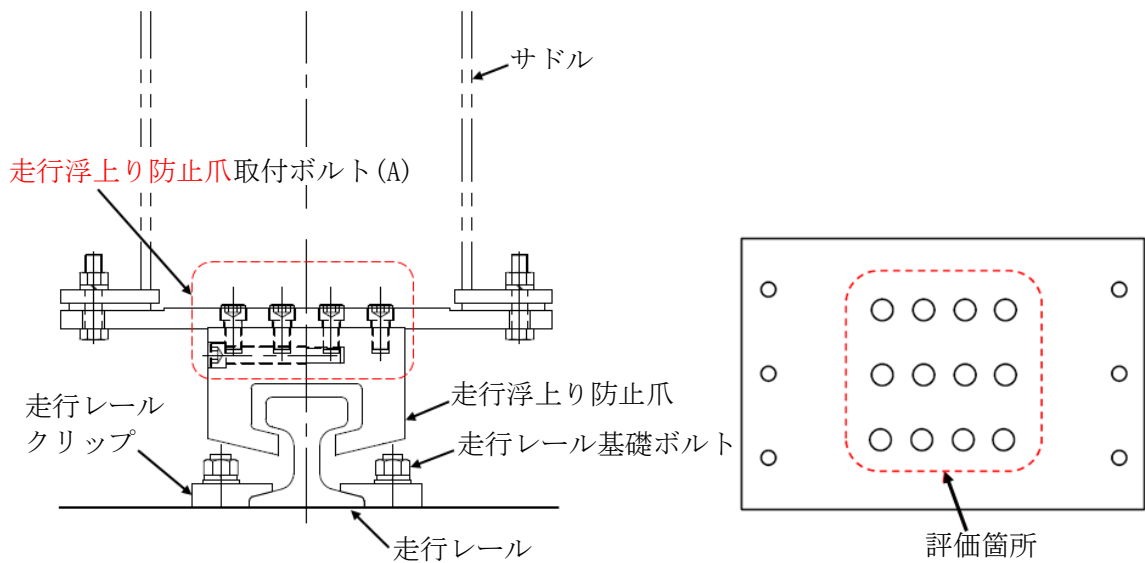


図 6-8 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)

(4) 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)のボルト1本**当たり**に作用する応力

a. 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本**当たり**に作用する引張力： $T_2$

..... (6.3.11)

$T_2$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本**当たり**に作用する ..... (N)  
引張力

b. 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本**当たり**に作用する引張応力： $\sigma_{t4}$

..... (6.3.12)

$\sigma_{t4}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本**当たり**に作用する ..... 78 (MPa)  
引張応力

c. 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本**当たり**に作用するせん断力： $S_2$

..... (6.3.13)

$S_2$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本**当たり**に作用する ..... (N)  
せん断力

d. 走行浮上り防止爪取付ボルト 1 本当りに作用するせん断応力： $\sigma_{s3}$

..... (6.3.14)

$\sigma_{s3}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト (B) 1 本当りに作用するせん断応力 50 (MPa)

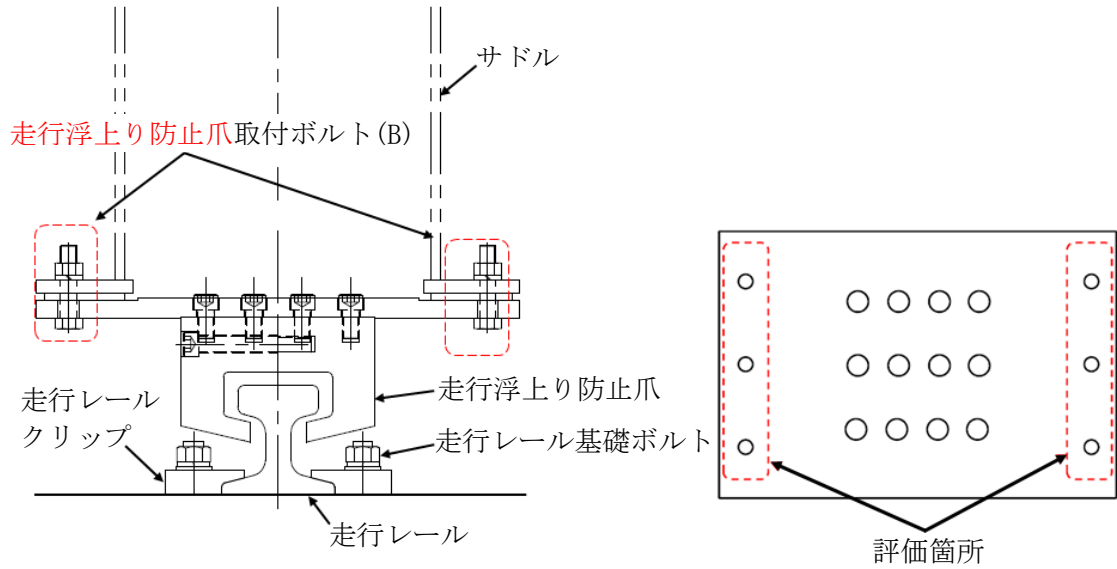


図 6-9 走行浮上り防止爪取付ボルト (B)

6.4 横行浮上り防止治具の応力

横行浮上り防止治具に加わる荷重は~~応答スペクトル~~スペクトルモード解析により求める。横行浮上り防止爪の応力~~を~~は図 6-10, 図 6-11 を用いて計算~~する~~。し, 横行浮上り防止爪取付ボルトの応力~~を~~は図 6-12 を用いて計算する。

(1) 横行浮上り防止爪 (先端) に作用する応力

a. 曲げ応力:  $\sigma_{b4}$

..... (6.4.1)

$\sigma_{b4}$  : 横行浮上り防止爪 (先端) に作用する曲げ応力 48 (MPa)

b. せん断応力:  $\sigma_{s4}$

..... (6.4.2)

$\sigma_{s4}$  : 横行浮上り防止爪 (先端) に作用するせん断応力 46 (MPa)

c. 組合せ応力:  $\sigma_{k4}$

..... (6.4.3)

$\sigma_{k4}$  : 横行浮上り防止爪 (先端) に作用する組合せ応力 92 (MPa)

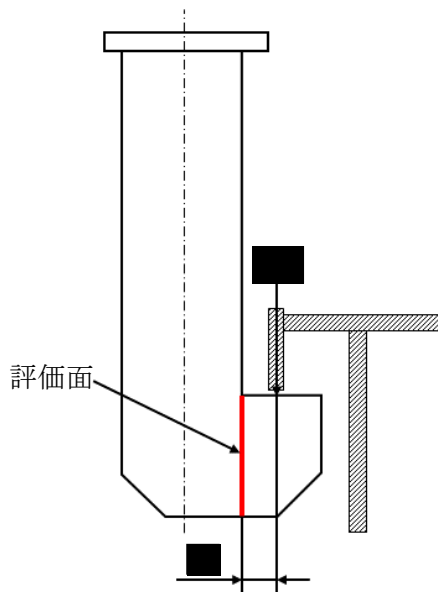


図 6-10 横行浮上り防止爪 (先端)

(2) 横行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b5}$

..... (6.4.4)

$\sigma_{b5}$  : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 133 (MPa)

b. 引張応力： $\sigma_{t5}$

..... (6.4.5)

$\sigma_{t5}$  : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する引張応力 30 (MPa)

c. 組合せ応力： $\sigma_{k5}$

..... (6.4.6)

$\sigma_{k5}$  : 横行浮上り防止爪先端（根本）に作用する組合せ応力 162 (MPa)

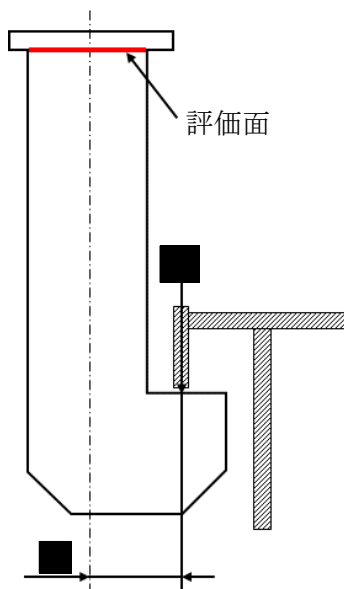


図 6-11 横行浮上り防止爪（根本）



(3) 横行浮上り防止爪取付ボルトに作用する応力

a. 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本~~あたり~~に作用する荷重： $P_2$

..... (6.4.7)

$P_2$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本~~あたり~~に作用する荷重 (N)

b. 引張応力： $\sigma_{t6}$

..... (6.4.8)

$\sigma_{t6}$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本~~あたり~~に作用する引張応力 275 (MPa)

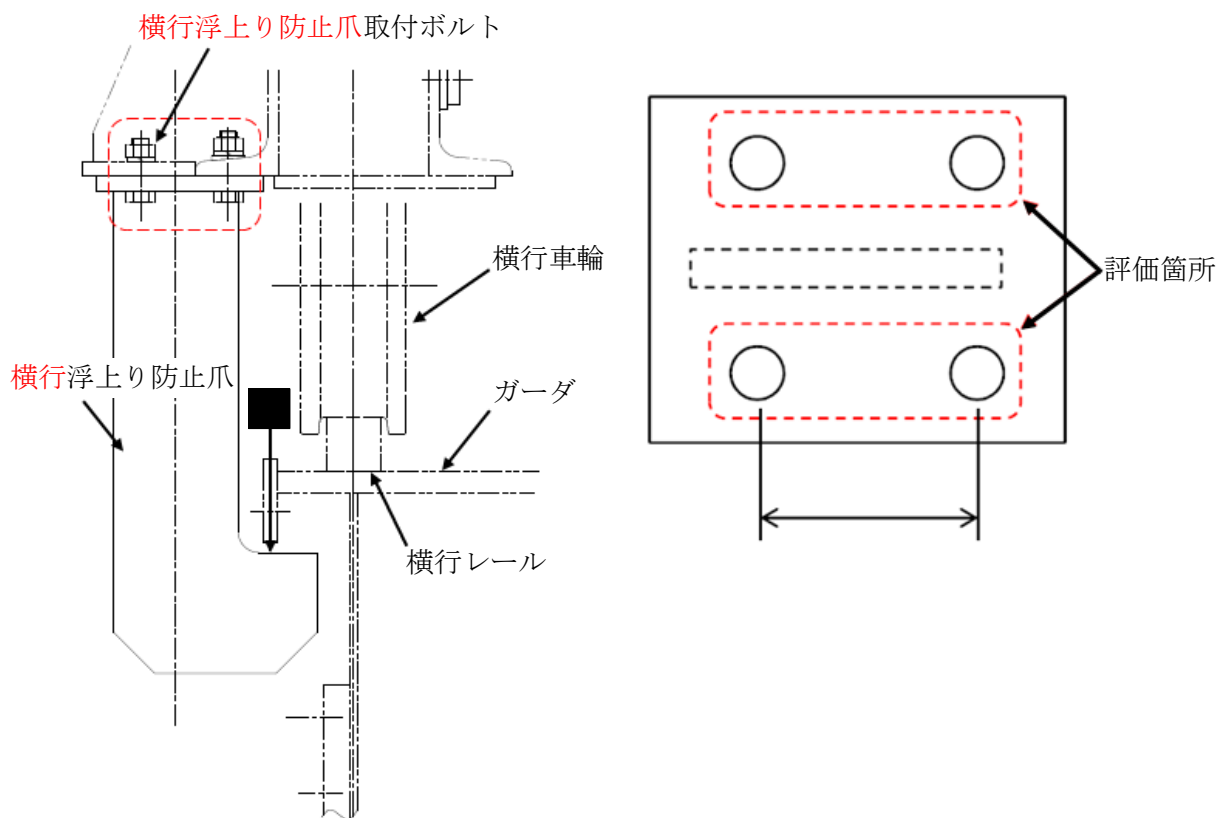


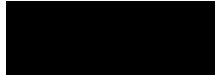
図 6-12 横行浮上り防止爪取付ボルト

6.5 走行レール取付部材の応力

走行レールクリップに加わる荷重は~~応答スペクトル~~スペクトルモード解析により求める。走行レールクリップの応力は図 6-13, 6-14 を用いて計算する。走行レールクリップ基礎ボルトの応力は図 6-15 を用いて計算する。

(1) ~~一般部~~レールクリップ 1 個当りに作用する応力~~(一般部レールクリップ)~~

a. 曲げ応力： $\sigma_{b6}$

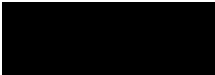
 ..... (6.5.1)

$\sigma_{b6}$  : 一般部レールクリップ 1 個当りに作用する曲げ応力 84 (MPa)



(2) ~~連結部~~レールクリップ 1 個当りに作用する応力~~(連結部レールクリップ)~~

a. 曲げ応力： $\sigma_{b7}$

 ..... (6.5.2)

$\sigma_{b7}$  : 連結部レールクリップ 1 個当りに作用する曲げ応力 37 (MPa)

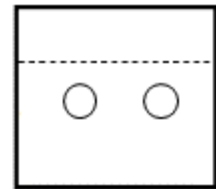
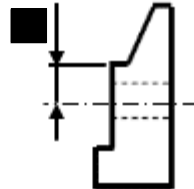
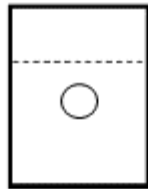
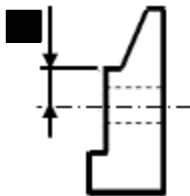
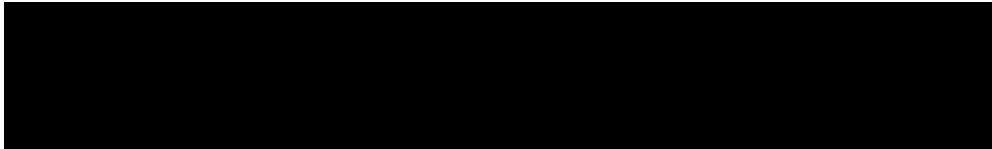


図 6-13 一般部レールクリップ

図 6-14 連結部レールクリップ

(3) 走行レールクリップ基礎ボルト 1 個当りに作用する応力

a. 基礎ボルト 1 本当りに作用する引張力： $T_3$

..... (6.5.3)

$T_3$  : 基礎ボルト 1 本当りに作用する引張力 (N)

b. 基礎ボルト 1 本当りに作用する引張応力： $\sigma_{t7}$

..... (6.5.4)

$\sigma_{t7}$  : 基礎ボルト 1 本当りに作用する引張応力 44 (MPa)

c. 基礎ボルト 1 本当りに作用するせん断力： $S_3$

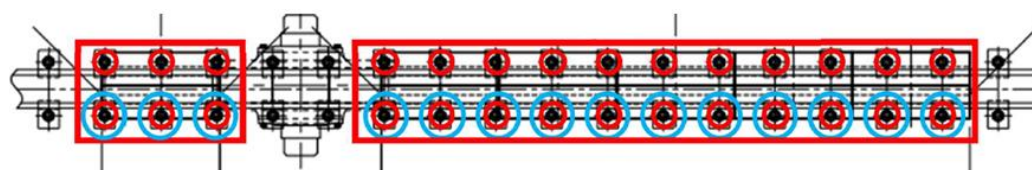
..... (6.5.5)

$S_3$  : 基礎ボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

d. 基礎ボルト 1 本当りに作用するせん断応力： $\sigma_{s5}$

..... (6.5.6)

$\sigma_{s5}$  : 基礎ボルト 1 本当りに作用するせん断応力 89 (MPa)



○ : 引張力は赤丸ボルト 28 本で負担する  
 ○ : せん断力は青丸ボルト 14 本で負担する

図 6-15 走行レールクリップ基礎ボルト

## 6.6 吊具の荷重計算方法

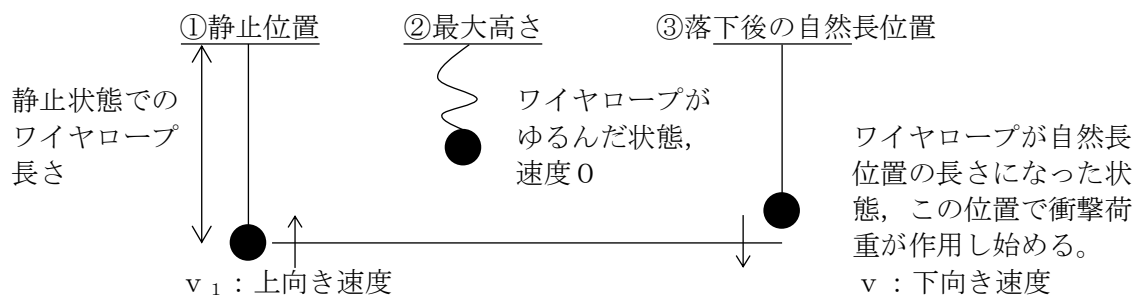
クレーンの吊具荷重を受ける各部分は、クレーン本体、トロリ、ワイヤロープ及びフックで、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により落下に至る可能性があるワイヤロープとフックを評価対象とする。

ワイヤロープ及びフックの計算に当たっては、以下の基本事項で行うものとする。

- ・クレーン及び吊荷の速度算出に当たっては、クレーン、吊荷質量及びワイヤロープ長さの評価条件を以下のとおり設定する。
  - ①鉛直方向荷重を考える場合、ワイヤロープ長さを短くすれば固有周期が短くなり、吊荷の速度変化が大きくなることから、衝撃荷重が大きくなる。したがって、ワイヤロープ長さは保守的に運用上限位置での長さを用いることとする。
  - ②吊荷の質量は、定格質量で評価を実施する。
- ・ワイヤロープ、フックの荷重は、吊荷を1自由度モデルにより求めた固有周期に対応する加速度、クレーンを4.4項より求めた固有周期に対応する加速度をもとに、吊荷が一度浮上って落下したときの衝撃荷重を算出する。
- ・クレーンと吊荷の位相差が吊荷に及ぼす影響については、吊荷とは逆位相に生じるクレーンの速度を、吊荷に作用する相対速度として考慮する。
- ・衝撃荷重は、吊荷が持っている運動量の保存則を考慮して算出する。
- ・水平方向地震に伴い、吊荷が振り子運動を起こして吊具に遠心力が作用するが、その影響については、軽微であることから、評価においては鉛直方向地震だけを考慮するものとする。

(1) 吊荷の浮上り後の落下速度の算出

吊荷は、図 6-16 に示すように、鉛直方向に浮上り再び自然長位置に戻った瞬間から、吊具の衝撃荷重を与える。

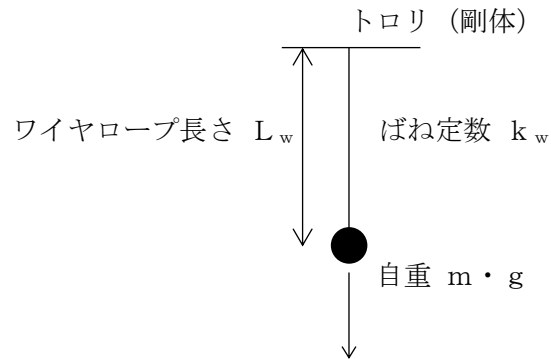


- 下向き速度  $v$   
②, ③まではエネルギー保存則より  
下向き速度  $v$  は  
 $v < v_1$   
となるが、保守的に  
 $v = v_1$   
として評価を行う。

図 6-16 吊荷の浮上りの様子

(2) 吊荷の固有周期

以下のとおり、トロリを剛体としたときの吊荷の固有周期  $T_w$  を算出する。



$$\text{固有周期: } T_w = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_w}}$$

ここで、

$T_w$  : ワイヤロープ・吊荷の単振動モデルから計算される吊荷の固有周期 ■■■ (s)

$m$  : 吊荷の質量 ■■■ (kg)

$k_w$  : ワイヤロープのばね定数 ■■■■■ (N/mm)

$$\text{ばね定数: } k_w = \frac{A_w \cdot n_w \cdot E_w}{L_w}$$

ここで、

$A_w$  : ワイヤロープ 1 本の断面積 ■■■ (mm<sup>2</sup>)

$n_w$  : ワイヤロープ本数 ■ (-)

$E_w$  : ワイヤロープの縦弾性係数 ■■■■■ (MPa)

$L_w$  : ワイヤロープ長さ ■■■ (mm)

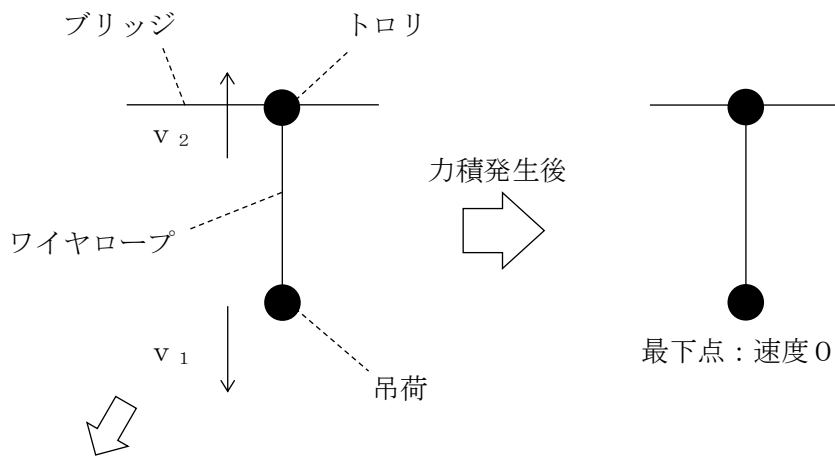
(3) 吊荷に作用する衝撃荷重

以下のとおり、ワイヤロープ、フックに作用する荷重Fを算出する。

図6-17及び図6-18に示すように、ワイヤロープの下端にある吊荷の運動量の変化は吊荷とトロリの質量や固有値が異なることから $v_1$ と $v_2$ が同値にならないが、保守的にワイヤロープの減衰がなく完全弾性衝突を仮定して反発係数を1とすれば以下となる。

$$\text{(力積)} : \int_0^{\frac{T_w}{4}} F \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T_w}\right) \cdot dt$$

$$\text{(吊荷の運動量の変化)} : m \cdot (v_1 + v_2)$$



相対速度 ( $v_1 + v_2$ ) とする。

図6-17 吊荷落下後の速度変化

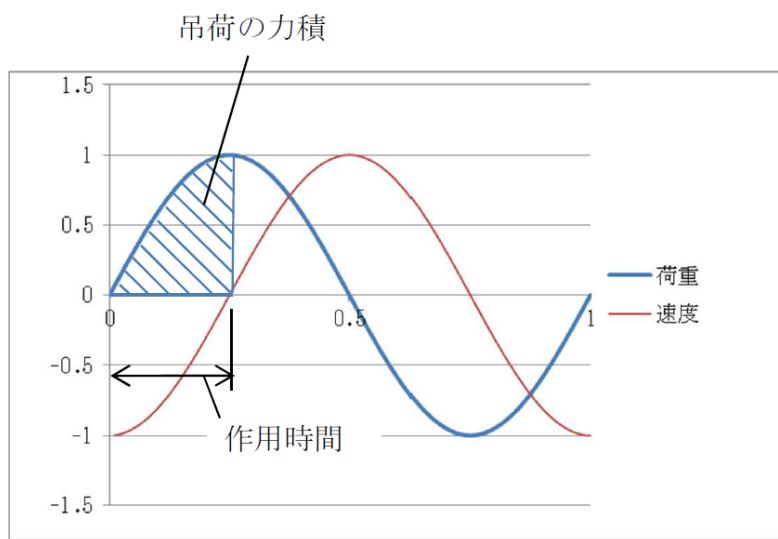


図6-18 吊荷の力積の概念図

吊荷の運動方向が変化する時間については、ワイヤロープが完全弾性体で、吊荷とトロリの運動が自由振動系であることを仮定すれば、吊荷の固有周期 $T_w$ の4分の1となる。

以上から、運動量変化及び作用時間をもとに荷重は、自重分を追加して、以下のとおり計算する。

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot m \cdot (v_1 + v_2)}{T_w} + m \cdot g$$

ここで、

- F : 吊荷の浮上り後の落下によりワイヤロープ、フックに発生する荷重 ■■■■ (N)
- m : 吊荷の質量 ■■■■ (kg)
- $T_w$  : ワイヤロープ・吊荷の単振動モデルから計算される吊荷の固有周期 ■■■■ (s)
- $v_1$  : 吊荷の最大速度 ■■■■ (mm/s)
- $v_2$  : トロリの最大速度 ■■■■ (mm/s)



## 耐震安全解析に用いるコード（MSC Nastran）について

### 1. 概要

本解析コードは、航空機の機体強度解析を目的として開発された、有限要素法による構造解析用の汎用計算機プログラムである。適用モデル（主にはり要素、シェル要素、ソリッド要素）に対して、静的解析（線形、非線形）、動的解析（過渡応答解析、周波数応答解析）、固有値解析、伝熱解析（温度分布解析）、熱応力解析、線形座屈解析等の機能を有している。数多くの研究機関や企業において、航空宇宙、自動車、造船、機械、建築、土木等様々な分野の構造解析に使用されている。

### 2. 開発機関

MSC. Software Corporation

### 3. 開発時期

1971年（一般商業用リリース）

### 4. 使用したバージョン

Ver. 2008 R1

### 5. 検証及び妥当性確認

#### (1) 検証（Verification）

本解析コードの検証内容は以下のとおりである。

- ・構造力学分野における一般知見により解を求めることができる体系について、本解析コードを用いた3次元有限要素法による応力解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い、解析解が理論解との比較による検証が実施されていることを確認した。
- ・本解析コードの運用環境について、開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

#### (2) 妥当性確認（Validation）

本解析コードの妥当性確認内容は以下のとおりである。

- ・本解析コードは、自動車、航空機、土木、造船、海洋油田、工業設備、化学技術、光学及び政府調査等の様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分確認されている。
- ・検証の体系と今回の実施計画変更認可申請で使用する体系が同等であることから、解析解と理論解の比較による検証をもって解析機能の妥当性も確認している。
- ・今回の実施計画変更認可申請における用途及び適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。