

項目	コメント内容	
地震 (第7条)	2月9日	天井クレーンのトロリストッパの応力評価は母材を対象としていると思われるが、その前提として、トロリとの接合部の強度が母材以上であることが求められる。この接合部の詳細と、接合部の強度が母材以上であることを、施工方法等（溶接の基準、熱処理の有無、ボルト強度等）も含めて説明すること。
	3月9日	<ul style="list-style-type: none"> ・設2-補-013-06 P14~15 トロリストッパの溶接部について、溶接方法とのど厚について詳細説明を追加すること。また、最終の結果だけでなく評価における計算過程での各々の応力について計算値を示すこと。 ・設2-補-013-06 P19 4.7 トロリストッパ受け側評価については、評価条件（図等）、評価結果（発生応力、許容値等）を示すこと。

(回 答)

【2月9日分コメント回答】

コメント内容について「設2-補-013-06 受入区域天井クレーンの耐震性」に記載し提出。

【3月9日分コメント回答】

○トロリストッパ溶接方法及びのど厚について

1. 溶接範囲について

トロリストッパはガーダ部と取り合うベースプレートとL型の板をL型の板の両側に対して長手方向に溶接して接合する。この溶接範囲を図に示す。

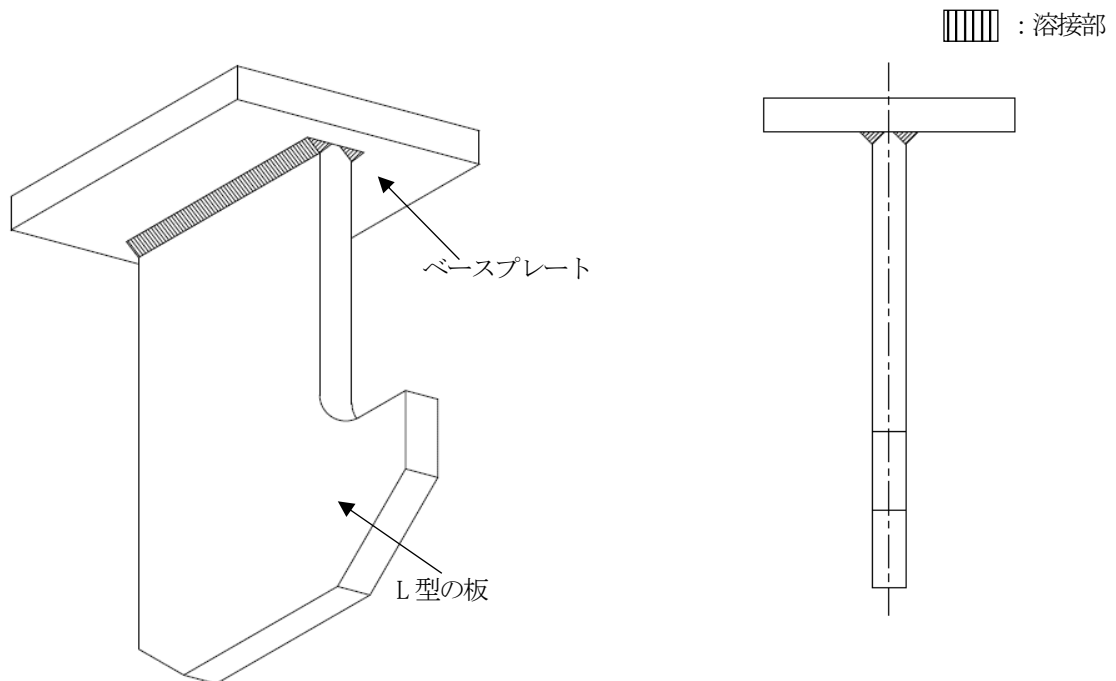


図 トロリストッパ溶接範囲図

2. 溶接区分について

トロリストッパの継手形状はT継手となり、開先を取らない場合はすみ肉溶接となるが、トロリストッパの溶接部はL型の板側にK型の開先を取るため、溶接区分としては部分溶け込み溶接(JIS Z3001 溶接用語より)となる。

3. 溶接部計算について

トロリストッパ溶接部の強度計算については、外側の脚長及び内側の脚長を考慮し計算を行っている。これは2項でご説明した通り、L型の板材にK型の開先加工を行うため、計算上の脚長が確保できることから内側部分についても計算に含めている。そのため、溶接部の断面積の算出においては4倍で計算している。

また、許容値の算出に当たって、溶接部の継手効率を考慮している。クレーン構造規格において、溶接区分では突合せ溶接とすみ肉溶接があるが、継手の形状を考慮し、保守的な計算となる事からすみ肉溶接の継手効率を採用している。

なお、クレーン構造規格では内部欠陥を探知する放射線試験(RT)を実施すれば、継手効率を考慮する必要が無い旨の記載があるが、今回の施工では放射線試験の実施は行わず、浸透探傷試験(PT)の実施までとしていることから計算に継手効率を考慮した。

○トロリストッパ溶接部の詳細及び評価における計算過程での各々の応力について

「設 2-補-013-06 受入区域天井クレーンの耐震性 4.6 トロリストッパ溶接部評価」に記載の計算過程での各々の応力について別紙1に記載する。

○トロリストッパ受け側評価について

トロリストッパ受け側評価の評価条件及び評価結果について別紙2に記載する。

上記の3月9日分コメント回答について「設 2-補-013-06 受入区域天井クレーンの耐震性」に反映し再提出する。

以上

トロリストッパ溶接部の評価における計算過程について

「設2-補-013-06 受入区域天井クレーンの耐震性 4.6 トロリストッパ溶接部評価」に記載の計算過程について以下に記載する。

なお、計算過程における算出応力についてまとめた「4.6.4 算出応力及び評価結果(1)算出応力」について「設2-補-013-06 受入区域天井クレーンの耐震性」に反映し再提出する。

4. 6. 2 計算方法

(1) トロリストッパに発生する水平地震力により溶接部へ発生する応力

a. トロリストッパ溶接部の曲げ(引張) 応力: σ_1

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{Z} = \frac{3963848}{282842.7} \cong 14.0143[\text{MPa}]$$

ここで

$$M_1 = F_H \cdot \ell_1 = 16867.44 \times 235 \cong 3963848[\text{N} \cdot \text{mm}]$$

$$Z = \frac{2 \cdot h \cdot \ell_3^2}{6} \cdot 2 = \frac{2 \times 10.6066 \times \square^2}{6} \cdot 2 \cong 282842.7[\text{mm}^3]$$

$$h = \frac{\ell_4}{\sqrt{2}} = \frac{15}{\sqrt{2}} \cong 10.6066[\text{mm}]$$

F_H : 水平地震力による荷重=16867.44[N]*

ℓ_1 : 水平地震力によるモーメント作用長さ=235[mm]

ℓ_2 : 鉛直地震力によるモーメント作用長さ=140[mm]

ℓ_3 : トロリストッパの幅= \square [mm]

ℓ_4 : 溶接脚長(すみ肉溶接) =15[mm]

* 「添付5-5-1 4.1.3 トロリストッパの応力」より

b. トロリストッパ溶接部に作用するせん断応力: τ_1

$$\tau_1 = \frac{F_H}{4 \cdot h \cdot \ell_3} = \frac{16867.44}{4 \cdot 10.6066 \cdot \square} \cong 1.9879[\text{MPa}]$$

c. 水平地震力 F_H による組合せ応力: σ_2

$$\sigma_2 = \sqrt{\left(\sigma_1^2 + 3 \tau_1^2\right)} = \sqrt{\left(14.0143^2 + 3 \times 1.9879^2\right)} \cong 14.4312[\text{MPa}]$$

(2) トロリストツパに発生する鉛直地震力により溶接部へ発生する応力

a. トロリストツパ溶接部の曲げ (引張) 応力: σ_3

$$\sigma_3 = \frac{M_2}{Z} = \frac{30551147}{282842.7} \cong 108.0147[\text{MPa}]$$

ここで

$$M_2 = F_V \cdot \ell_2 = 218222.5 \times 140 = 30551150[\text{N} \cdot \text{mm}]$$

$$Z = \frac{2 \cdot h \cdot \ell_3^2}{6} \cdot 2 = \frac{2 \times 10.6066 \times \square^2}{6} \times 2 \cong 282842.7[\text{mm}^3]$$

$$h = \frac{\ell_4}{\sqrt{2}} = \frac{15}{\sqrt{2}} \cong 10.6066[\text{mm}]$$

F_V : 水平地震力による荷重=218222.5[N]*

ℓ_1 : 水平地震力によるモーメント作用長さ=235[mm]

ℓ_2 : 鉛直地震力によるモーメント作用長さ=140[mm]

ℓ_3 : トロリストツパの幅= \square [mm]

ℓ_4 : 溶接脚長 (すみ肉溶接) =15[mm]

* 「添付5-5-1 4.1.3 トロリストツパの応力」より

b. トロリストツパ溶接部に作用する引張応力: σ_4

$$\sigma_4 = \frac{F_V}{4 \cdot h \cdot \ell_3} = \frac{218222.5}{4 \times 10.6066 \times \square} \cong 25.7178[\text{MPa}]$$

c. トロリストツパ溶接部に作用する合計引張応力: σ_5

$$\sigma_5 = \sigma_3 + \sigma_4 = 108.0147 + 25.7178 = 133.7325[\text{MPa}]$$

(3) 水平地震力及び鉛直地震力による組合せ応力: σ_6

$$\sigma_6 = \sqrt{(\sigma_2^2 + \sigma_5^2)} = \sqrt{(14.4312^2 + 133.7325^2)} \cong 134.5089[\text{MPa}]$$

4. 6. 3 応力の評価

	許容引張応力 f_t	組合せ応力 f_{t1}
計算式	S_y	$f_{t1} = 0.84^* \cdot f_t / \sqrt{3} = 0.84 \times 315 / \sqrt{3} \cong 152.7669[\text{MPa}]$

* クレーン構造規格すみ肉溶接A区分より

4. 6. 4 算出応力及び評価結果

(1) 算出応力

【単位：MPa】

応力		記号	算出応力
トロリストッパに発生する 水平地震力により溶接部へ 発生する応力	トロリストッパ溶接部の曲げ（引張）応力	σ_1	14.0143
	トロリストッパ溶接部に作用するせん断応力	τ_1	1.9879
	水平地震力 F_H による組合せ応力	σ_2	14.4312
トロリストッパに発生する 鉛直地震力により溶接部へ 発生する応力	トロリストッパ溶接部	σ_3	108.0147
	トロリストッパ溶接部に作用する引張応力	σ_4	25.7178
	トロリストッパ溶接部に作用する合計引張応力	σ_5	133.7325
水平地震力及び鉛直地震力による組合せ応力		σ_6	134.5089

(2) 評価結果

【単位：MPa】

評価箇所	算出応力	許容応力	判定
トロリストッパ溶接部	135	152	良

トロリストッパ受け側の評価について

「設 2-補-013-06 受入区域天井クレーンの耐震性 4.7 トロリストッパ受け側評価」に記載のトロリストッパ受け側評価について評価条件及び評価結果を以下に記載する。

なお、評価条件及び評価結果について「設 2-補-013-06 受入区域天井クレーンの耐震性」に反映し再提出する。

1. 目的

受入れ区域天井クレーン横行トロリのトロリストッパ受部について、トロリストッパからの鉛直荷重に対する評価する。評価に当たってFEMにて塑性変形を考慮した詳細解析を行い、発生値が基準値以下となる事を確認し、トロリストッパの有効性を確認する。

受入れ区域天井クレーン全体図を図1に示す。

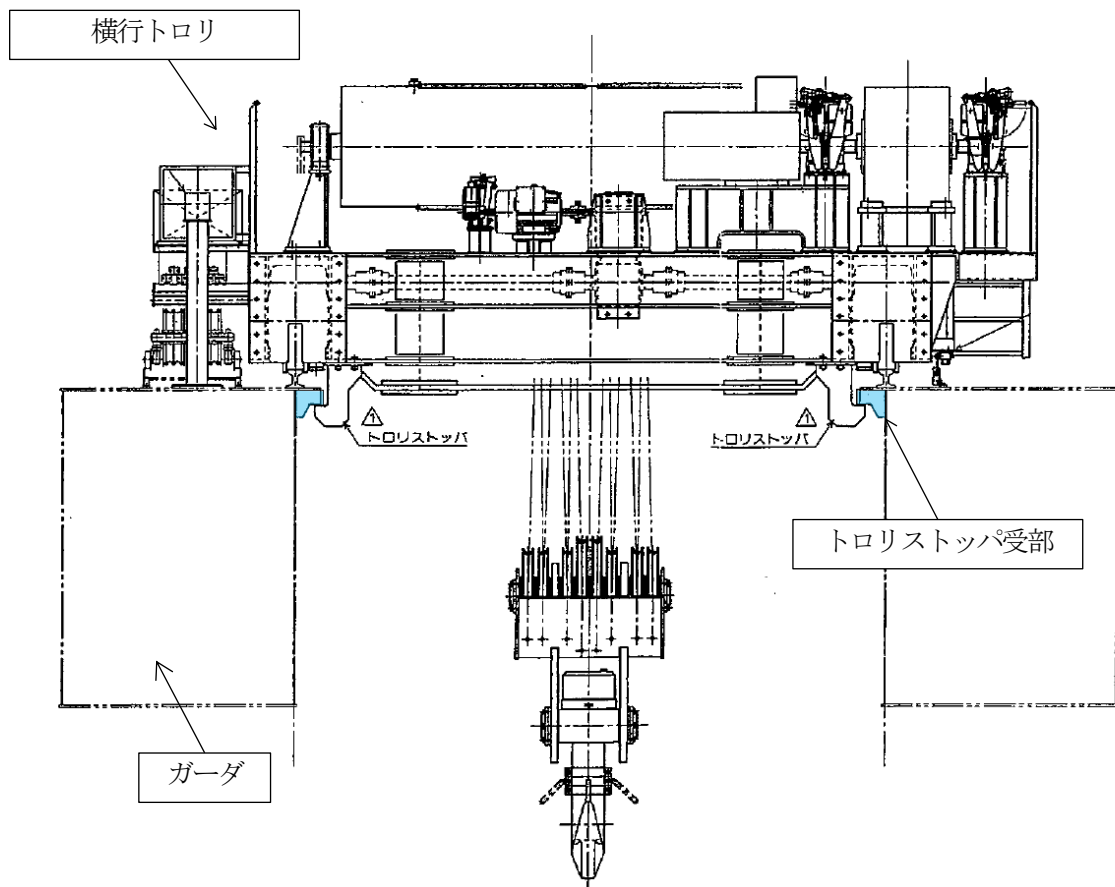


図1 受入れ区域天井クレーン横行トロリ全体図

2. 解析方針

2. 1 モデル化方針

(1) モデル化範囲

モデル化は、クレーンガーダに付属しているトロリストッパ受部のみとし、長手方向にリブ4スパン分とした。また、リブの設置間隔が等間隔及び不等間隔の2モデルを作成する。

モデル化範囲の詳細を図2に示す。

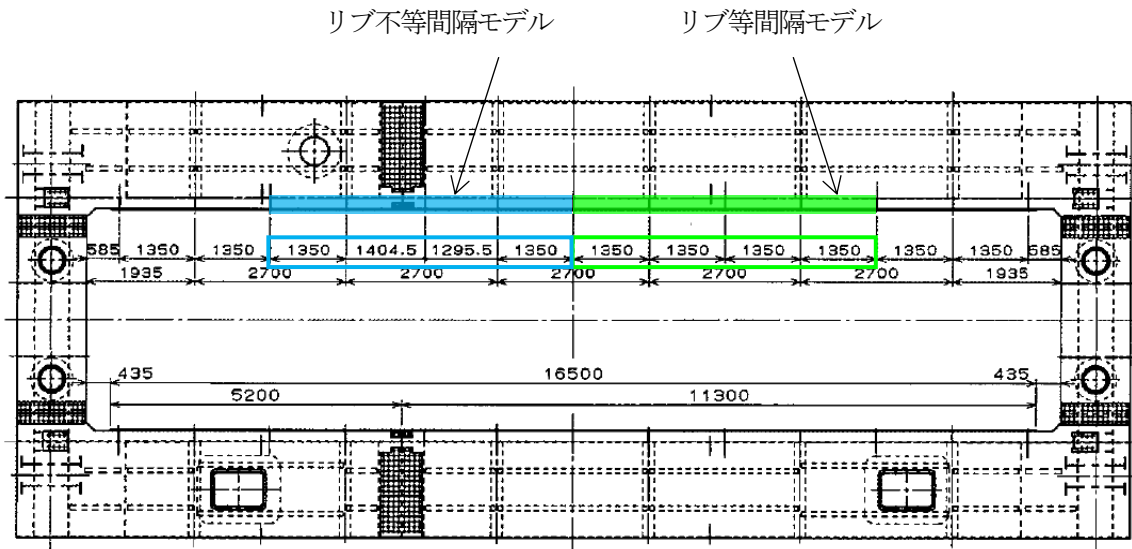


図2 モデル化範囲詳細図

(2) モデル図

作成したモデルについて図3及び図4に示す。

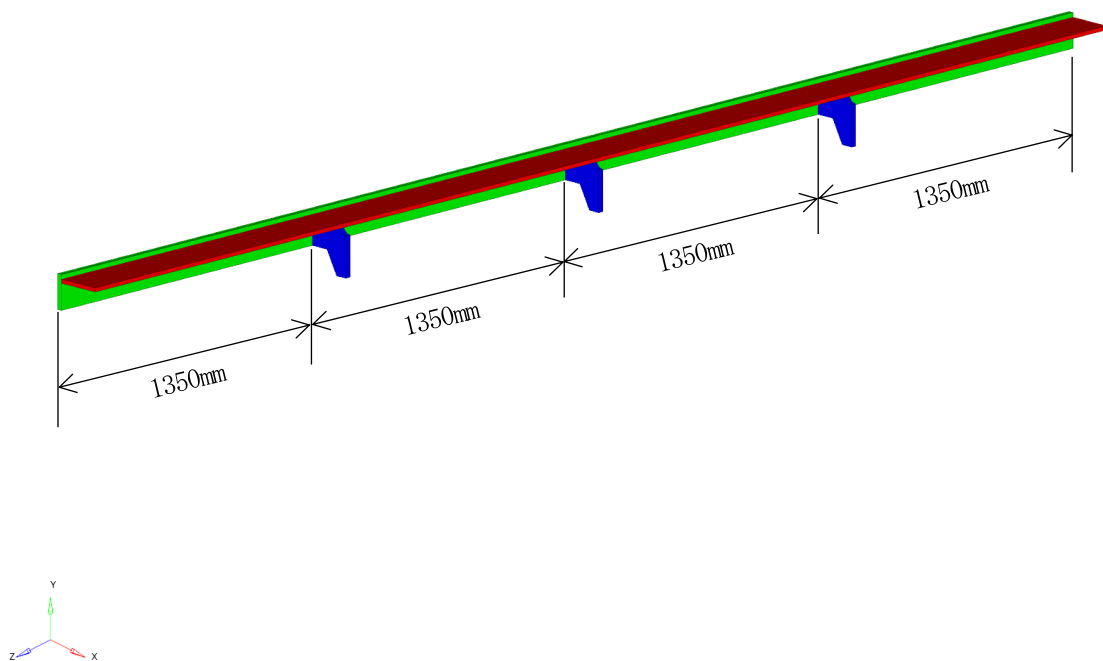


図3 リブ等間隔モデル図

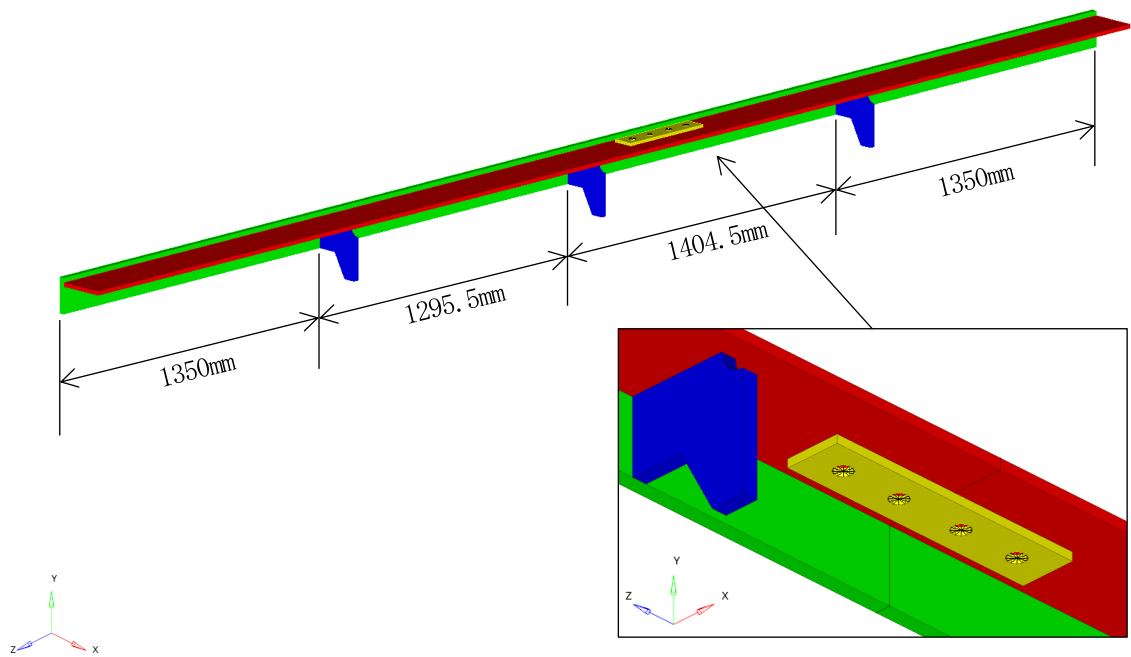


図4 リブ不等間隔モデル図

3. 材料特性

材料特性を表1に示す。

表1 材料特性

部位	材料	ヤング率 MPa	ポアソン比 —	設計 降伏点 MPa	設計 引張強さ MPa
ガーダ上板	SM490A	206000	0.3	325	490
トロリストッパ受板	SS400	206000	0.3	235	400
リブ	SS400	206000	0.3	235	400
当て板	SM490A	206000	0.3	325	490
高力ボルト	S10T	206000	0.3	900	1000

4. 解析条件

4. 1 拘束条件

拘束範囲は、ストップ受部とガーダ本体との境界及びリブ端点を拘束とする。拘束設定を図5に示す。

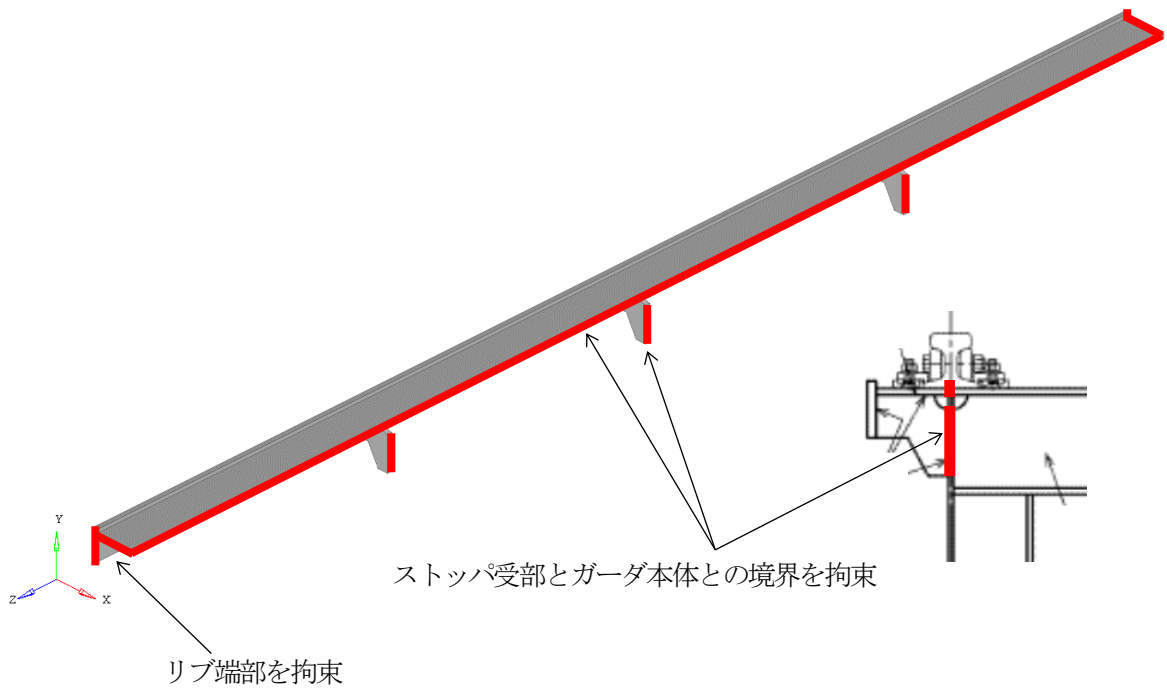


図5 拘束設定図

4. 2 接触条件

接触条件は、継ぎ目のあるリブ不等間隔モデルにのみ設定する。接触設定を表2及び図6に示す。

表2 接触設定

番号	対象	摩擦係数*
		静摩擦
①	当て板とガータ上板	0.3
②	ガータ上板同士	0.3
③	トロリストッパ受板同士	0.3

※平成20年度 原子力施設などの耐震性評価技術に関する試験及び調査
動的上下耐震試験（クレーン類）に係る報告書（原子力安全基盤機構：JNES）より

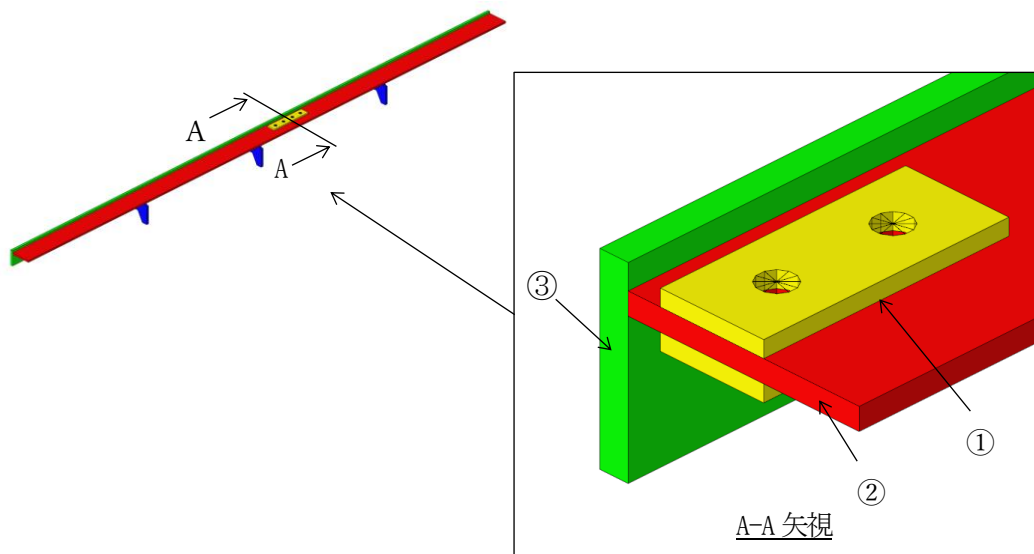


図6 接触設定図

4.3 荷重条件

4.3.1 荷重値

荷重はトロリストップ位置2点（間隔 2200mm）に作用するものとし、それぞれ 218223N を負荷する。接触位置の詳細を図7に示す。

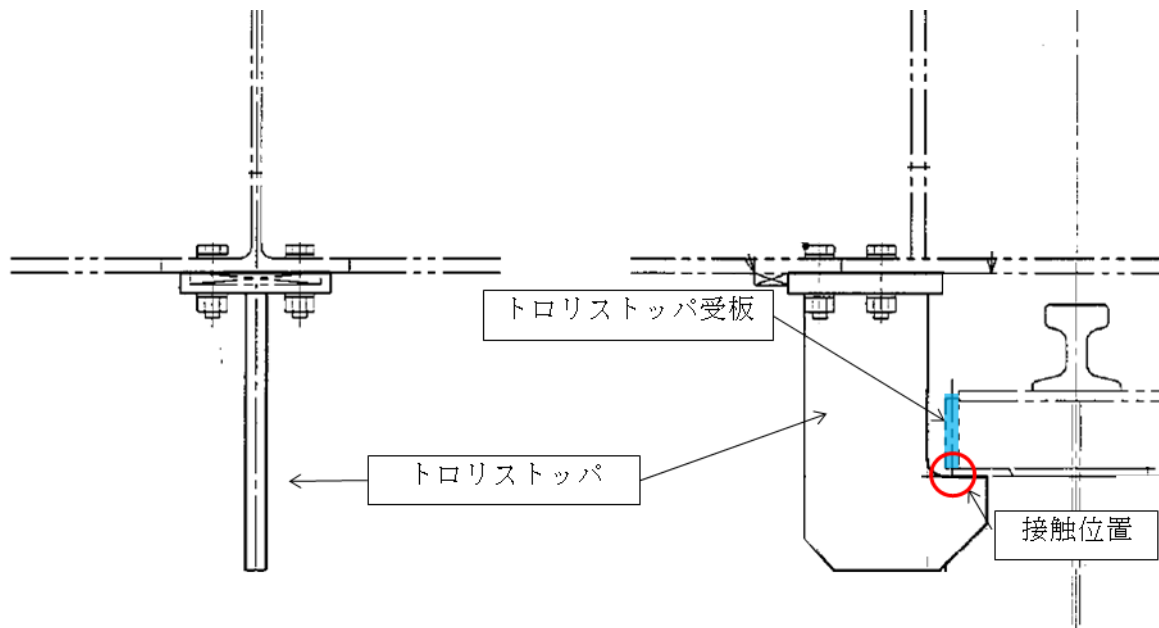
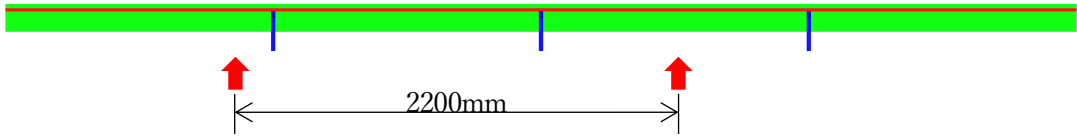


図7 トロリストップとトロリストップ受板の接触詳細図

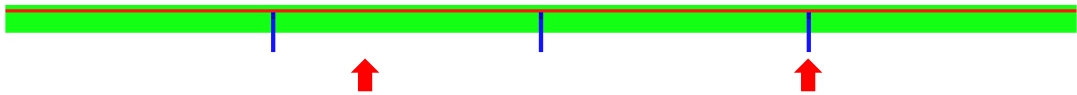
4. 3. 2 荷重位置

荷重位置は、各モデル3 ケース設定した。荷重位置を図8～図9に示す。

(1) リブ中間位置に荷重



(2) リブ位置に荷重



(3) リブから等距離に荷重

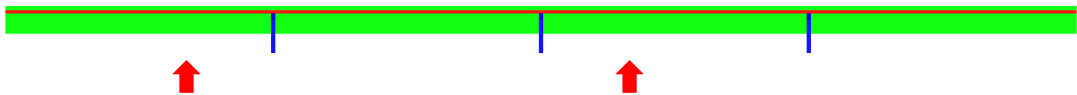
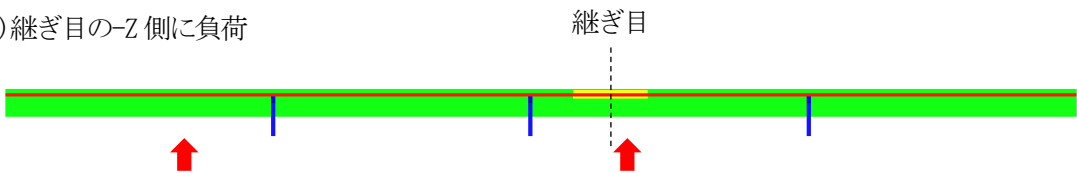
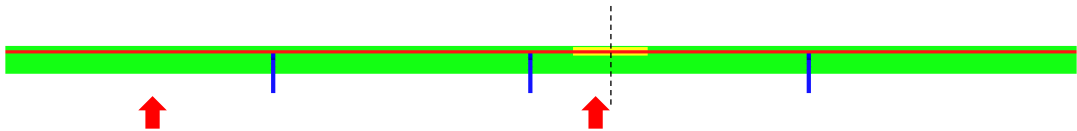


図8 荷重位置図：リブ等間隔モデル

(1) 継ぎ目の-Z側に荷重



(2) 継ぎ目の+Z側に荷重



(3) リブ中間位置に荷重

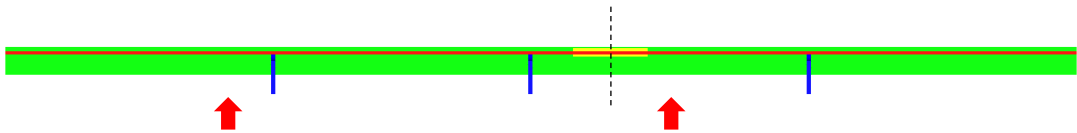


図9 荷重位置図：リブ不等間隔モデル

4. 4 計算条件

4. 4. 1 解析種類

リブ等間隔モデルは線形静解析，リブ不等間隔モデルは非線形静解析を実施する。

4. 4. 2 解析ソフト

解析ソフトは，Abaqus6.14-3 を用いる。

4. 5 解析ケース

解析ケースを表3に示す。

表3 解析ケース

解析ケース 番号	解析モデル (リブ間隔)	荷重位置	モデル図 番号
101	等間隔	荷重2点のうち1点をリブの中間に負荷	図8(1)
102		荷重2点のうち1点をリブ位置に負荷	図8(2)
103		荷重2点をリブから等距離に負荷	図8(3)
201	不等間隔	荷重2点のうち1点を継ぎ目から遠いリブ側の 継ぎ目位置に負荷	図9(1)
202		荷重2点のうち1点を継ぎ目から近いリブ側の 継ぎ目位置に負荷	図9(2)
203		荷重2点のうち1点をリブの中間に負荷	図9(3)

5. 評価条件

5. 1 評価ケース

各解析モデルの最大応力を確認し、最も応力比が大きい解析ケースのみ詳細評価を実施する。

5. 2 応力評価

トロリストッパ受部の発生応力が、設計引張強さ以下であることを確認する。

5. 3 変形量評価

トロリストッパ受部の変形量を確認し、トロリストッパ受部が外れないこと及びトロリストッパに接触部以外が接触しないことを確認する。詳細を図10に示す。

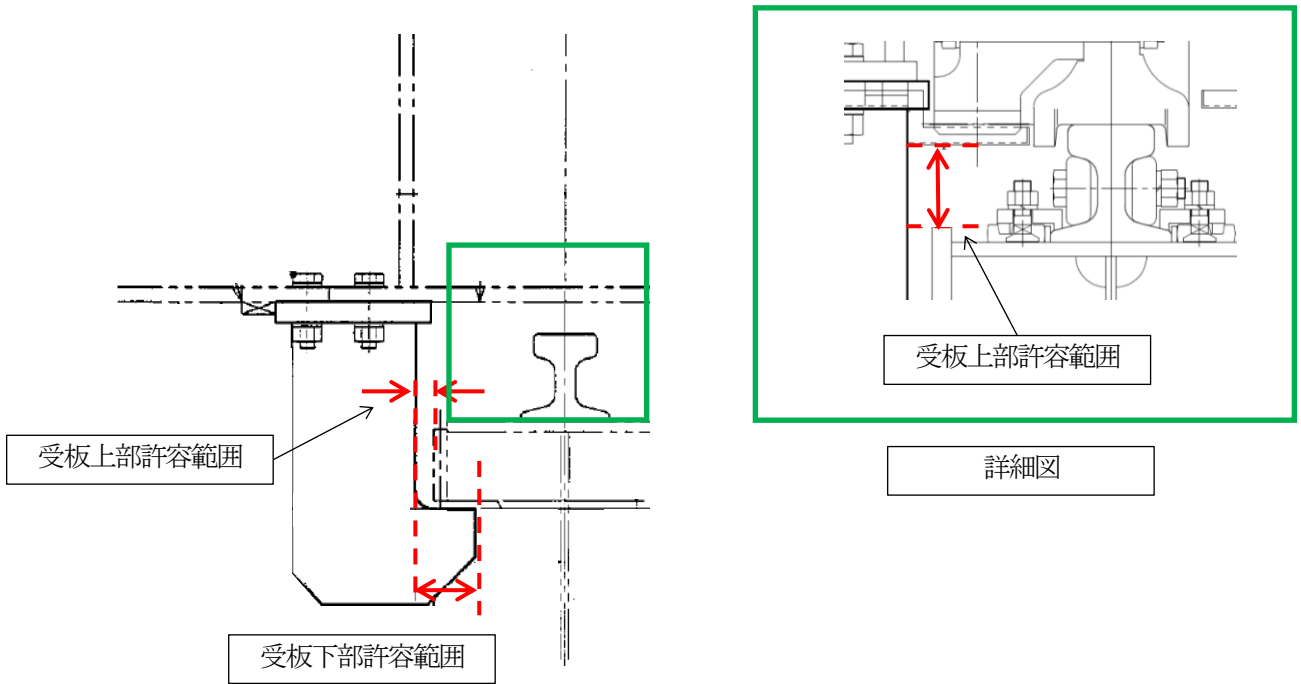


図10 トロリストッパとトロリストッパ受板の接触範囲詳細図

6. 解析結果

6. 1項に評価ケースの選定結果を、6. 2項に解析ケースの評価結果を示す。

6. 1 評価ケース選定

各ケースの最大応力を確認し、評価ケースの選定を行った。評価ケースは表4に示す最大応力ケースとする。

表4 評価ケース選定

解析ケース	解析モデル (リブ間隔)	最大応力 [MPa]
101	等間隔	412
102		379
103		352
201	不等間隔	442
202		422
203		445

※最大応力ケースを太字下線にて示す。

6. 2 評価結果

各評価ケースの評価結果を表5-1～表5-2及び表6-1～表6-2に示す。

トロリストッパ受板及びガーダ上板に発生する応力は設計降伏点を超えるものの、設計引張強さ以下であることが確認され破断しないことを確認した。

また、変形量はトロリストッパの引っ掛かり寸法より小さくトロリストッパの落下防止機能を損なうおそれはなく、変形において他の受入れ区域天井クレーンを構成する部材との接触はないため、クレーンの動作についても支障はないことが確認された。

表5-1 評価結果 (リブ等間隔モデル) [発生応力]

【単位：MPa】

評価部位	評価項目	発生値	許容値	判定
ガーダ上板	応力	412	490	良
トロリストッパ受板	応力	282	400	良
リブ	応力	246	400	良

表5-2 評価結果 (リブ等間隔モデル) [変形量]

【単位：mm】

評価部位	評価項目	発生値	許容値	判定
トロリストッパ受板	変形量 (下部水平)	-2.36	66～-29	良
	変形量 (上部水平)	0.49	-29以上	良
	変形量 (上部鉛直)	2.92	93.7以下	良

表6-1 評価結果（リブ不等間隔モデル）[発生応力]

【単位：MPa】

評価部位	評価項目	発生値	許容値	判定
ガーダ上板	応力	445	490	良
トロリストッパ受板	応力	284	400	良
リブ	応力	247	400	良
当て板	応力	437	490	良

表6-1 評価結果（リブ不等間隔モデル）[変形量]

【単位：mm】

評価部位	評価項目	発生値	許容値	判定
トロリストッパ受板	変形量 (下部水平)	-3.04	66~-29	良
	変形量 (上部水平)	0.73	-29以上	良
	変形量 (上部鉛直)	3.82	93.7以下	良