

## 2.45 大型廃棄物保管庫

### 2.45.1 基本設計

#### 2.45.1.1 設置の目的

大型廃棄物保管庫は、汚染水処理に伴って発生した水処理二次廃棄物を収納する使用済のセシウム吸着装置吸着塔、第二セシウム吸着装置吸着塔、第三セシウム吸着装置吸着塔、多核種除去設備処理カラム、高性能多核種除去設備吸着塔、RO濃縮水処理設備吸着塔、サブドレン他浄化装置吸着塔等（以下、「使用済吸着塔等」という。）の形状が大きい重量物を屋内に保管することを目的として設置する。

#### 2.45.1.2 要求される機能

大型廃棄物保管庫に貯蔵する廃棄物の性状に応じて、遮へい等の適切な管理を行うことにより、敷地周辺の線量を適切に低減するとともに、漏えい及び汚染拡大しにくい構造物により、放射性物質が環境中に放出しないようにすること。

#### 2.45.1.3 設計方針等

##### 2.45.1.3.1 大型廃棄物保管庫の概要

大型廃棄物保管庫は、使用済吸着塔等を貯蔵する建屋と換気設備のうち給気設備及び電気設備等を設置する別棟で構成され、「2.45.1.3.2 大型廃棄物保管庫の基本設計方針」に示すとおり、特定原子力施設に対する規制基準を満たす設計とする。建屋は、使用済吸着塔等を屋内で安定に貯蔵するため、想定される自然現象等を考慮した設計とする。使用済吸着塔等の重量物については、建屋内にクレーンを設置することにより、荷捌きエリアー貯蔵エリア間の移送が可能な設計とする。建屋内には、北・中・南の3つの貯蔵エリアを設置し、原則、各貯蔵エリアに使用済吸着塔等を貯蔵できる設計とするが、南の貯蔵エリアについては、地震時のクレーン転倒等による波及的影響がないことを確認するまでの間、使用済吸着塔等は貯蔵しない。

また、建屋内に排気設備等を設置することにより、使用済吸着塔等から発生する可燃性気体（水素）を適切に排出する設計とするとともに、使用済吸着塔等からの漏えいを考慮して貯蔵エリアを堰構造とし、万一の漏えいに際しても汚染を建屋内に止められる設計とする。

さらに、建屋の天井・壁及び必要に応じて使用済吸着塔等に近接して設ける追加の遮へい等により、敷地境界における実効線量を適切に低減する設計とする。

##### 2.45.1.3.2 大型廃棄物保管庫の基本設計方針

###### (1) 放射性固体廃棄物の保管

大型廃棄物保管庫は、放射性固体廃棄物に相当する使用済吸着塔等の保管に当たり、廃棄物の性状に応じ、十分な保管容量を確保し、遮へい等の適切な管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する設計とする。

(2) 放射性液体廃棄物の保管・管理

大型廃棄物保管庫は、使用済吸着塔等内に内包する放射性液体廃棄物の保管・管理に当たり、廃棄物の性状に応じ、十分な保管容量を確保し、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を適切に行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減できる設計とする。また、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しない設計とする。

(3) 放射性気体廃棄物の処理・管理

大型廃棄物保管庫は、建屋内で発生が想定される放射性気体廃棄物の処理に当たって、廃棄物の性状に応じ、当該廃棄物の放出量を抑制し、適切に処理・管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する設計とする。

(4) 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

大型廃棄物保管庫は、建屋内から大気中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策や使用済吸着塔等からの放射線に対する遮へい対策を実施することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する設計とする。特に同保管庫内に保管される発災以降に発生した使用済吸着塔等による敷地境界における実効線量が、その他の施設等の寄与分を含めて 1mSv/年未満となるような設計とする。

(5) 作業員の被ばく線量の管理等

大型廃棄物保管庫は、現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して、遮へい、使用済吸着塔等の配置、換気等の所要の放射線防護上の措置に加え、作業時における放射線被ばく管理措置を講じることにより、放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を達成できる限り低減する設計及び運用とする。

(6) 緊急時対策

大型廃棄物保管庫は、事故時において必要な安全避難通路等の他、事故時に施設内に居るすべての人に対する的確に指示ができる適切な警報系及び通信連絡設備を整備する設計とする。

(7) 設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、その安全上の重要度を踏まえ、以下に掲げる事項を適切に考慮した設計とする。

① 準拠規格及び基準

大型廃棄物保管庫の設計、材料の選定、製作及び検査については、「JSME S NC-1 発電

用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下、「設計・建設規格」という。)に従うことを基本方針とし、必要に応じて日本産業規格 (JIS)、製品規格等の適切と認められる規格及び基準によるものとする。

② 自然現象に対する設計上の考慮

a. 地震に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、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日及び2023年6月19日一部改訂)を踏まえ、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起した場合は安全上の影響(公衆被ばく影響)や廃炉活動への影響等を考慮した上で、耐震設計上の区分を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計とする。

ただし、大型廃棄物保管庫の建屋の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(2006年9月19日)(以下、「耐震設計審査指針」という。)に従い設計するものとする。

b. 地震以外に想定される自然現象(津波、豪雨、台風、竜巻等)に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、地震以外の想定される自然現象(津波、豪雨、台風、竜巻等)によって施設の安全性が損なわれないよう設計する。

③ 外部人為事象に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計とする。また、第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計とする。

④ 火災に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、火災の発生を防止し、火災の検知及び消火を行い、並びに火災の影響を軽減するための対策を適切に組み合わせることにより、火災により施設の安全性を損なうことのない設計とする。

⑤ 環境条件に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。

⑥ 運転員操作に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計とする。

⑦ 信頼性に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、その安全上の重要度等を考慮して、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計とする。

⑧ 検査可能性に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、その健全性及び能力を確認するために、適切な方法により、その機能を検査できる設計とする。

#### 2.45.1.4 供用期間中に確認する項目

可燃性気体（水素）の排出に必要な換気設備の運転状況が確認できること。

#### 2.45.1.5 主要な構築物，系統及び機器

大型廃棄物保管庫には，主要な構築物，系統及び機器として，建屋，換気設備及びクレーンを設ける。

##### (1) 建屋

建屋は，建築基準法に準拠したものとして設置し，平面が約 23m（東西方向）×約 186m（南北方向），高さ約 23m の鉄骨一プレキャスト版（PCa 版）造地上 2 階建てであり，基礎・床版は鉄筋コンクリート造である。建屋内には貯蔵エリアを設定し，漏えいの拡大を防止するための堰の機能を持たせる。

##### (2) 換気設備

外気は給気フィルタを介して建屋内に取入れ，建屋の端部から給気する。使用済吸着塔等からの発生を想定する水素を取り込んだ空気は，給気側とは反対の貯蔵エリア天井部に設けた開口から 2 階に設ける排気フィルタへ導き，排気設備により排出する。

なお，換気設備停止時にも水素を排出できるよう，天井部に手動で操作できる非常用ベントロを設ける。

##### (3) クレーン

大型廃棄物保管庫に搬入される使用済吸着塔等の重量物を取り扱うため，労働安全衛生法（クレーン則）に準拠した，橋形クレーンを設ける。

#### 2.45.1.6 機器の故障への対応

換気設備が停止した場合には，必要に応じて貯蔵エリア天井部の非常用ベントロ及び人用の出入口を開放して，可燃性気体（水素）の滞留を防止する設計とする。

### 2.45.2 基本仕様

#### 2.45.2.1 主要仕様

##### (1) 貯蔵エリア

容量	幅	約 15.8m	長さ	約 55.2m
数				3

※原則，各貯蔵エリアに使用済吸着塔等を貯蔵できる設計とするが，南の貯蔵エリアについては，地震時のクレーン転倒等による波及的影響がないことを確認するまでの間，使用済吸着塔等は貯蔵しない。



(2) 送風機		
容 量		12,000 m <sup>3</sup> /h/基
基 数		2
(3) 排気フィルタ		
容 量		23,700 m <sup>3</sup> /h/基
基 数		1
(4) 排風機		
容 量		12,000 m <sup>3</sup> /h/基
基 数		2
(5) クレーン		
型 式		橋形クレーン
基 数		1
定格荷重		30/2.8t (主巻/補巻)

#### 2.45.3 添付資料

- 添付資料-1 大型廃棄物保管庫の概略系統図
- 添付資料-2 大型廃棄物保管庫の全体概要図及び平面図
- 添付資料-3 大型廃棄物保管庫の具体的な安全確保策等
- 添付資料-4 可燃性気体の滞留防止及び崩壊熱の除去性能に関する説明書
- 添付資料-5 使用済吸着塔等内包水の施設外への漏えい防止能力についての計算書
- 添付資料-6 大型廃棄物保管庫に係る確認事項
- 添付資料-7 大型廃棄物保管庫設置工程
- 添付資料-8 大型廃棄物保管庫の構造強度に関する検討結果
- 添付資料-9 大型廃棄物保管庫の緊急時対策に関する説明書
- 添付資料-10 火災防護に関する説明書並びに消火設備の取付箇所を明示した図面
- 添付資料-11 大型廃棄物保管庫内作業に係る作業者の被ばく線量低減対策について
- 添付資料-12 大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書

大型廃棄物保管庫の概略系統図

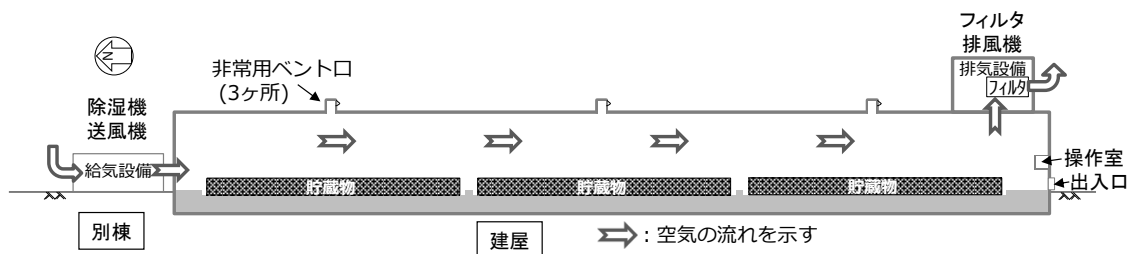


図-1 大型廃棄物保管庫の全体概要図

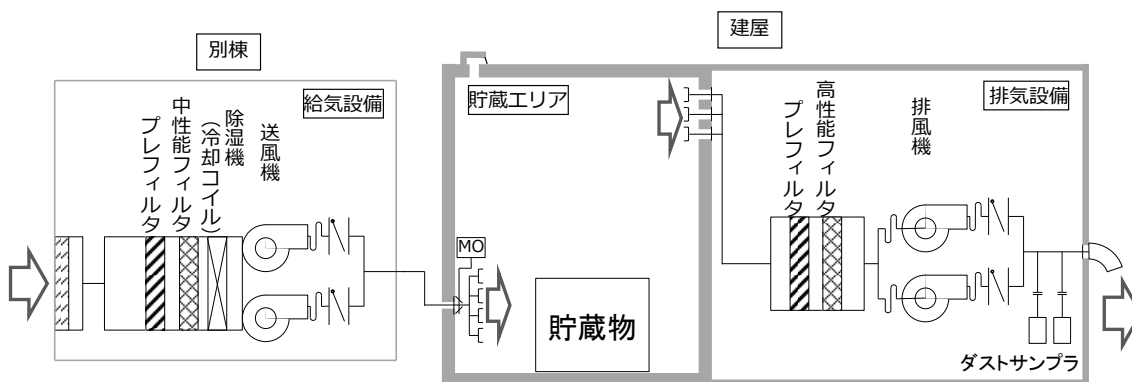


図-2 大型廃棄物保管庫の換気設備概略系統図

※排気フィルタ (HEPA) 除去効率 : 99.9%

大型廃棄物保管庫の全体概要図及び平面図

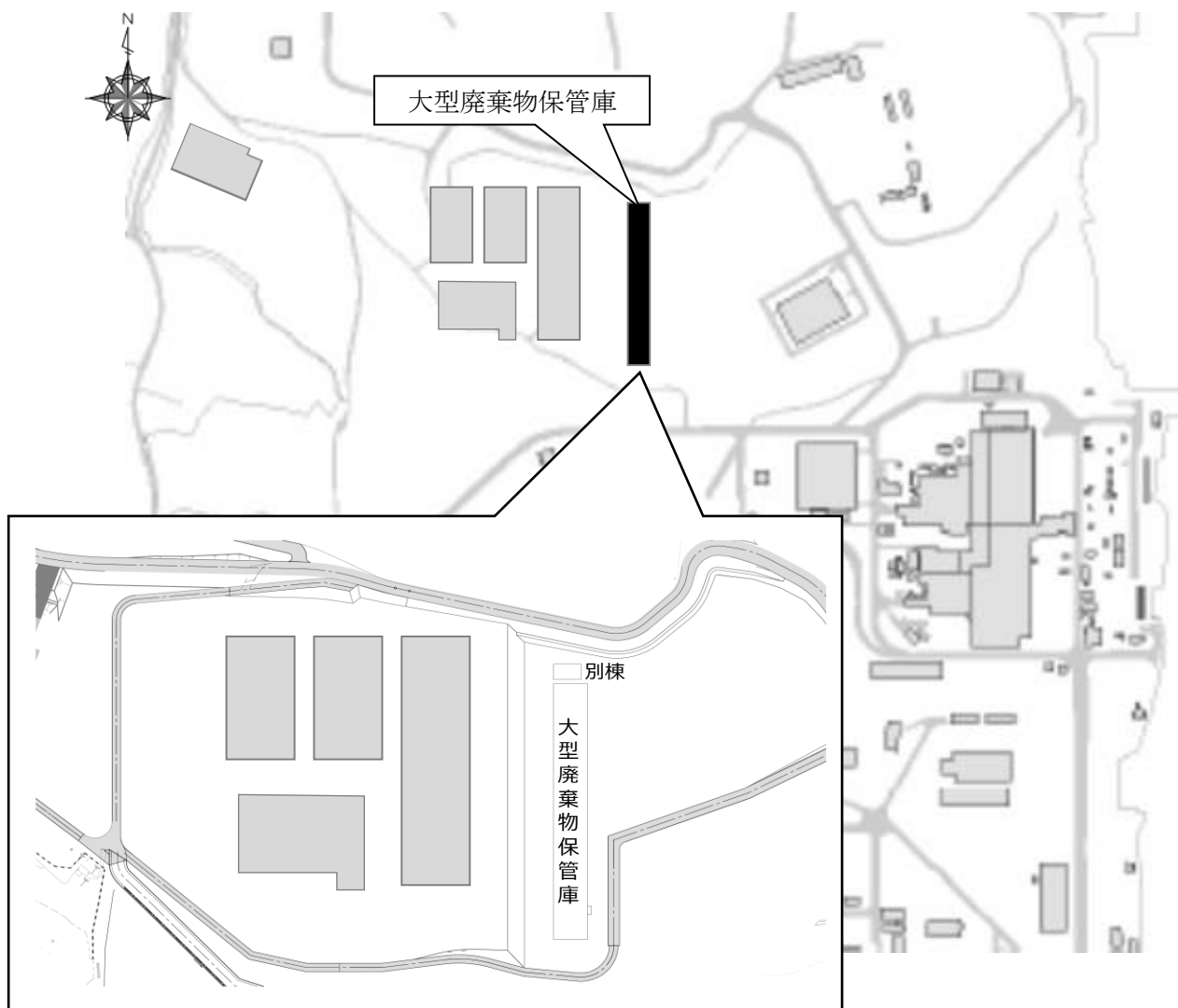
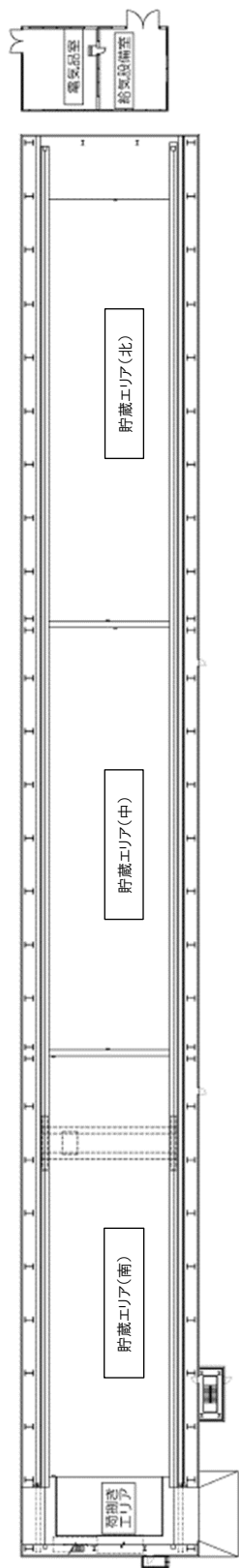
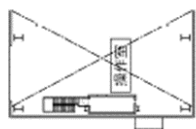


図-1 大型廃棄物保管庫全体概要図



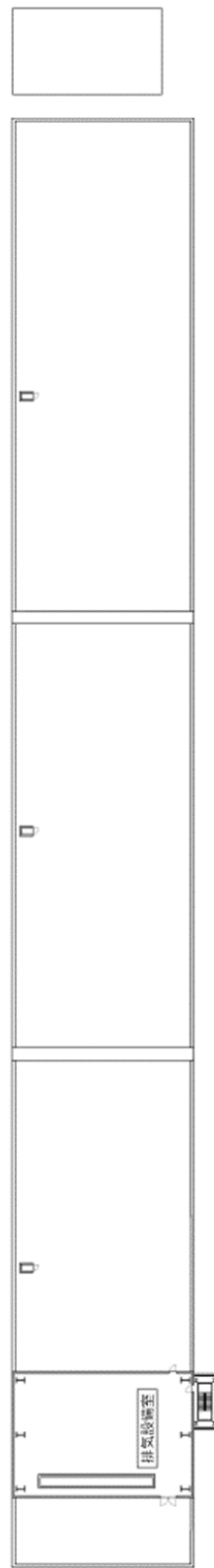
大型廃棄物保管庫 1階

図-2 大型廃棄物保管庫平面図 (1 / 3)



大型廃棄物保管庫 2階

図-2 大型廃棄物保管庫平面図 (2 / 3)



大型廃棄物保管庫 2階

図-2 大型廃棄物保管庫平面図 (3 / 3)

## 大型廃棄物保管庫の具体的な安全確保策等

大型廃棄物保管庫については、「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について（2012年11月7日原子力規制委員会決定。以下、「措置を講ずべき事項」という。）」等の規制基準を満たすため、以下に掲げる設計及び対策を行う。

## 1. 放射性固体廃棄物の保管

大型廃棄物保管庫は、放射性固体廃棄物に相当する使用済吸着塔等の保管に当たり、廃棄物の性状に応じ、十分な保管容量を確保し、遮へい等の適切な管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する設計とする。

大型廃棄物保管庫は、廃炉活動において発生する使用済吸着塔等を屋内に保管するため、その発生量や屋外における保管量に対して、十分な保管容量を確保する設計とする。

大型廃棄物保管庫は、使用済吸着塔等からの直接線ならびにスカイシャイン線に対して、建屋の天井面はコンクリート、壁は遮へい効果のあるコンクリート製のプレキャスト版（PCa版）を設置することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する設計とする。

## 2. 放射性液体廃棄物の保管・管理

大型廃棄物保管庫は、使用済吸着塔等内に内包する放射性液体廃棄物の保管・管理に当たり、廃棄物の性状に応じ、十分な保管容量を確保し、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を適切に行うことにより、敷地周辺の線量を達成する限り低減できる設計とする。また、十分な遮へい能力を有し、漏えい及び汚染拡大し難い構造物により地下水や漏水等によって放射性物質が環境中に放出しない設計とする。

大型廃棄物保管庫は、使用済吸着塔等の内包水が漏えいした場合に備え、貯蔵エリアを堰構造とした上で、漏えい水に対して十分な保管容量を有する設計とする。また、漏えい検出器を設置することにより、汚染の拡大を防止する設計とする。さらに、当該堰の床面及び壁面をエポキシ樹脂で塗装し、漏えいし難い構造物とすることにより、放射性物質が環境中に放出しない設計とする（添付資料-5）。

## 3. 放射性気体廃棄物の処理・管理

大型廃棄物保管庫は、建屋内で発生が想定される放射性気体廃棄物の処理に当たって、廃棄物の性状に応じ、当該廃棄物の放出量を抑制し、適切に処理・管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する設計とする。

#### 4. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

大型廃棄物保管庫は、建屋内から大気中へ放出される放射性物質の適切な抑制対策や使用済吸着塔等からの放射線に対する遮へい対策を実施することにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する設計とする。特に同保管庫内に保管される発災以降に発生した使用済吸着塔等による敷地境界における実効線量が、その他の施設等の寄与分を含めて1mSv/年未満となるような設計とする（実施計画Ⅲ.3.2.2参照）。

なお、大型廃棄物保管庫に係る実効線量の評価に当たっては、クレーンによる使用済吸着塔等への波及的影響を考慮して、実際の貯蔵エリアは、北・中に制限されるが、保守的に北・中・南の全ての貯蔵エリアに第二セシウム吸着装置吸着塔を設置した場合を仮定する。

#### 5. 作業者の被ばく線量の管理等

大型廃棄物保管庫は、現存被ばく状況での放射線業務従事者の作業性等を考慮して、遮へい、使用済吸着塔等の配置（比較的表面線量が低いものの通路側への配置等）、換気等の所要の放射線防護上の措置に加え、作業時における放射線被ばく管理措置として、遮へい能力を有する操作室でクレーンの操作を可能にすることなどにより、放射線業務従事者が立ち入る場所の線量及び作業に伴う被ばく線量を達成できる限り低減する設計とする（添付資料-11）。

#### 6. 緊急時対策

大型廃棄物保管庫は、事故時において必要な安全避難通路等の他、事故時に施設内に居るすべての人に対する確に指示ができる適切な警報系（スピーカ等）及び通信連絡設備（PHS等）を整備する設計とする（添付資料-9）。

#### 7. 設計上の考慮

##### (1) 準拠規格及び基準

大型廃棄物保管庫の設計、材料の選定、製作及び検査については、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）に従うことを基本方針とし、必要に応じて日本産業規格（JIS）、製品規格等の適切と認められる規格及び基準によるものとする。

具体的に準拠する規格・基準は主に以下の通り。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG 4601・補-1984）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG 4601-1987）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG 4601-1991 追補版）（日本電気協会 電気技術

基準調査委員会)

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007 追補版) (日本機械学会)
- ・クレーン耐震設計指針 (JCAS1101)
- ・鋼構造設計基準 (日本建築学会)
- ・日本産業規格 (JIS)
- ・クレーン等構造規格
- ・クレーン等安全規則
- ・クレーン又は移動式クレーンの過負荷防止装置構造規格
- ・電気学会電気規格調査会標準規格 (JEC)
- ・日本電気工業会標準規格 (JEM)
- ・日本溶接協会 (WES)

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

① 地震に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、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日及び2023年6月19日一部改訂)を踏まえ、その安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響(公衆被ばく影響)や廃炉活動への影響等を考慮した上で、耐震設計上の区分の分類を行うとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計とする(添付資料-12)。

ただし、2021年9月8日以前に認可された建屋の耐震設計は、耐震設計審査指針に従い、Bクラスの建物の設計とする(添付資料-8)。

② 地震以外に想定される自然現象(津波、豪雨、台風、竜巻等)に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、地震以外の想定される自然現象(津波、豪雨、台風、竜巻等)によって施設の安全性が損なわれないよう設計する。

大型廃棄物保管庫は、津波、豪雨、強風(台風等)に対しては、津波の到達が想定されない位置に設置すること、建築基準法及び関係法令等に基づく荷重に耐えられる設計とすること等により、施設の安全性が損なわれないよう設計する。

(3) 外部人為事象に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、想定される外部人為事象によって、施設の安全性を損なうことのない設計とする。また、第三者の不法な接近等に対し、これを防御するため、適切な措置を講じた設計とする(実施計画Ⅱ.1.14参照)。

(4) 火災に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、火災の発生を防止し、火災の検知及び消火を行い、並びに火災の

影響を軽減するための対策を適切に組み合わせることにより、火災により施設の安全性を損なうことのない設計とする（添付資料－10）。

(5) 環境条件に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、経年事象を含む想定されるすべての環境条件に適合できる設計とする。特に、水分や崩壊熱を有する水処理二次廃棄物を収納した使用済吸着塔等を保管することを踏まえ、大型廃棄物保管庫は、設計上想定される圧力、温度、廃棄物からの吸収線量、可燃性気体（水素）等を踏まえて、適切な材料、機器等を選定するとともに、水素掃気や崩壊熱の除去が可能な設計とする（添付資料－4）。

(6) 運転員操作に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、運転員の誤操作を防止するための適切な措置を講じた設計とする（実施計画Ⅱ.1.14 参照）。

(7) 信頼性に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、その安全上の重要度等を考慮して、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計とする。

排気設備の排気口近傍に設ける排気サンプリング設備を並列に 2 系統を設置することで、1 系統が故障した場合でも欠測が生じることのない設計にする。

クレーンについては、吊荷の落下防止対策に対して十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持するため、ワイヤの二重化、動力電源喪失時の自動ブレーキ機能等を有する設計とする。

(8) 検査可能性に対する設計上の考慮

大型廃棄物保管庫は、その健全性及び能力を確認するために、適切な方法により、その機能を検査できる設計とする。大型廃棄物保管庫は、外観点検の他、漏えい検知器の警報作動試験やクレーンの荷重試験等を行える設計とする。



## 可燃性気体の滞留防止及び崩壊熱の除去性能に関する説明書

### 1. 一般事項

本説明書は、大型廃棄物保管庫における可燃性気体の滞留防止に関する評価、ならびにこれまで屋外の一時保管施設で保管されていた吸着塔を屋内保管することが崩壊熱の除去性能に与える影響の評価について説明するものである。

なお、本説明書で述べる可燃性気体とは水素のことをいう。

### 2. 可燃性気体滞留防止評価

#### 2.1 可燃性気体滞留防止評価の基本方針

大型廃棄物保管庫は、換気設備の運転によって、吸着塔内の水の放射性分解により発生する可燃性気体を適切に排出できる設計とし、燃焼下限値を超えないことを評価する。また、換気設備が停止したとしても、非常用ベント口及び人用の出入口を開放することにより、可燃性気体の滞留を防止できる設計とし、可燃範囲でないことを評価する。

#### 2.2 可燃性気体滞留防止設計の方法

大型廃棄物保管庫の可燃性気体の滞留防止設計方法は、以下のとおりである。

- (1) 換気設備稼働中の可燃性気体濃度が最大となる値を計算し、可燃性気体を排出できることを評価する。
- (2) 換気設備停止時後、非常用ベント口及び人用の出入口を開放するまでの時間余裕が十分あることを評価し、非常用ベント口及び人用の出入口を開放することにより、局所的に可燃性気体が蓄積することなく、滞留を防止できることを評価する。

#### 2.3 可燃性気体滞留防止設計の前提条件

可燃性気体滞留防止設計に用いる前提条件は、以下のとおりである。

- (1) 可燃性気体の発生量は、保守的になるよう線源強度が大きい吸着塔で代表し、第二セシウム吸着装置吸着塔が540体保管されていることとする。
- (2) 計算モデルは、保守的な評価となるようにする。

#### 2.4 可燃性気体滞留防止の評価方法

大型廃棄物保管庫の可燃性気体滞留防止評価には、評価コード「STAR-CCM+」を用いる。評価コードの主な入力条件は以下の項目である。

- ・気体物性値
- ・給排気口の流入条件（圧力、流入組成、流入量等）

## 2.5 可燃性気体滞留防止の評価

可燃性気体滞留防止の評価は、2.4に示した入力条件を評価コードに入力して行う。

## 2.6 可燃性気体滞留防止の評価モデル

図-1の評価配置図に大型廃棄物保管庫の吸着塔配置及び建屋形状を示す。

## 2.7 可燃性気体滞留防止評価結果

換気設備稼働中の保管庫内雰囲気(吸着塔水素放出部を除く)の可燃性気体濃度は平均約0.004%、天井付近の最大は約0.006%となり、可燃範囲でないことを確認した。

換気設備停止時には非常用ベント口及び人用の出入口を開放することにより、可燃性気体濃度は平均約0.06%(天井付近の最大濃度も同じ)となり、可燃範囲でないことを確認した。

また、換気設備停止時に、非常用ベント口及び人用の出入口を閉止した状態で建屋内平均可燃性気体濃度が4%を超えるまで約98日の裕度があり、非常用ベント口及び人用の出入口を開放するまでの時間裕度が長いことを確認した。

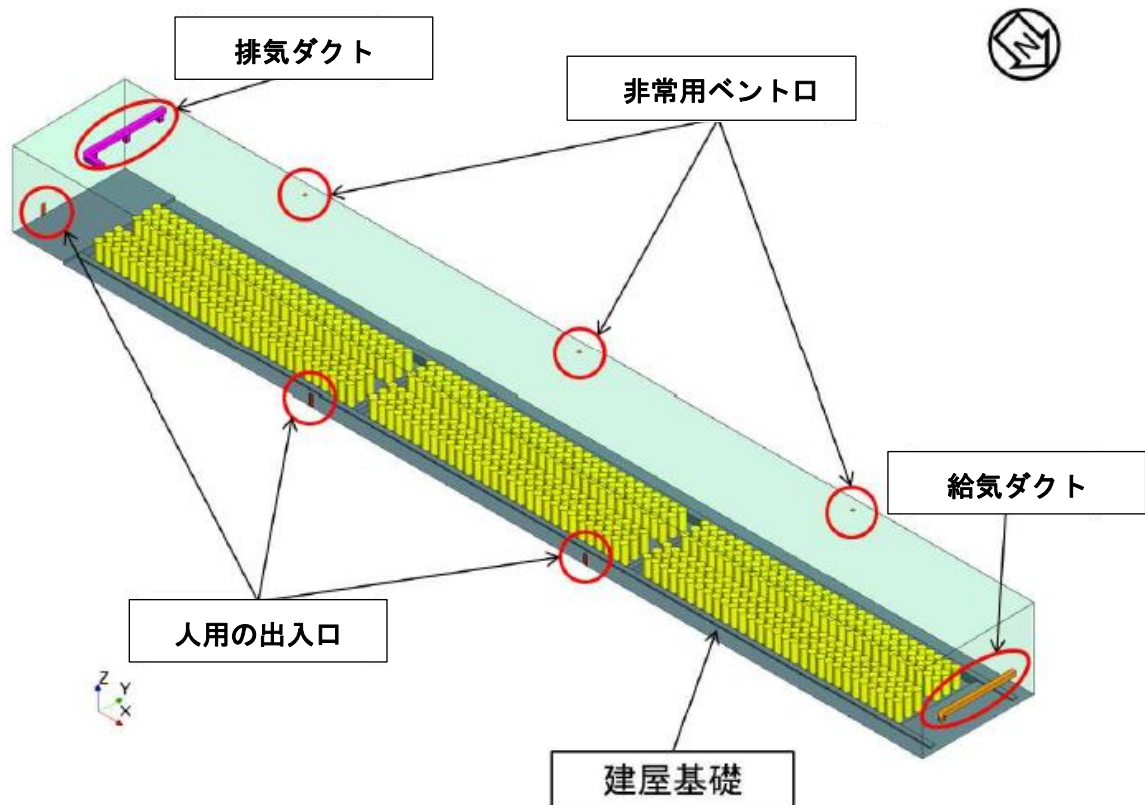


図-1 大型廃棄物保管庫の評価配置図

### 3. 崩壊熱の除去性に対する屋内保管化の影響評価

#### 3.1 屋内保管化の影響評価の基本方針

屋外で一時保管している吸着塔は、内包している高濃度の放射性物質の崩壊熱による温度上昇の評価を行い、吸着塔中心の最高温度が吸着材の安定限界温度である 600℃を下回ることを確認している(実施計画Ⅱ.2.5)。

吸着塔を大型廃棄物保管庫内に保管するにあたり、建屋内の雰囲気温度の上昇が吸着塔中心温度に及ぼす影響を評価する。

#### 3.2 屋内保管化の影響評価の前提条件

吸着塔の屋内保管化に伴う影響評価に用いる前提条件は、以下のとおりである。

- (1) 崩壊熱は、1～3号機炉心の2020年3月時点までの減衰を考慮して1～3号機炉心の総崩壊熱量を算出。ここに含まれる<sup>137</sup>Cs、<sup>90</sup>Srの寄与のうち処理(汚染水)に移行した分が全て吸着材に捕集されて大型廃棄物保管庫に保管されると想定する。算出した崩壊熱は保守的に100kWとして評価する。
- (2) 太陽光による入熱は、最も日射量が大きい夏至を想定して評価する。
- (3) 外気温度は、日中の最高温度40℃で評価する。
- (4) 建屋換気設備が停止し、かつ非常用ベント口及び人用の出入口を開放せず、建屋内に外気が流入しない状態とする。
- (5) 吸着塔の中心温度は、実施計画Ⅱ.2.5「汚染水処理設備等」で評価された、外気温度40℃で450℃(評価対象：第二セシウム吸着装置吸着塔)との評価を準用する。

#### 3.3 屋内保管化の影響評価の方法

屋内保管化の影響評価には、評価コード「STAR-CCM+」を用いる。評価コードの主な入力条件は以下の項目である。

- ・気体物性値
- ・固体物性値
- ・吸着塔の発熱量
- ・日射入熱
- ・外気温度

#### 3.4 屋内保管化の影響評価の評価モデル

図-2～3に建屋内雰囲気温度の上昇を評価したモデルの形状を示す。

#### 3.5 屋内保管化の影響の評価

屋内保管化の影響評価は、3.3に示した入力条件を評価コードに入力して行う。

### 3.6 屋内保管化の影響の評価結果

換気設備の停止を想定すると、大型廃棄物保管庫内の最高温度は約 60℃と評価され、II.2.5 汚染水処理設備等における評価条件 40℃に比べて約 20℃高くなる。この温度の上昇により吸着塔中心温度も従前の評価値 450℃に比べ 20℃上昇した 470℃となるが、吸着材の安定限界温度である 600℃を下回るため、安全上の問題はないことを確認した。

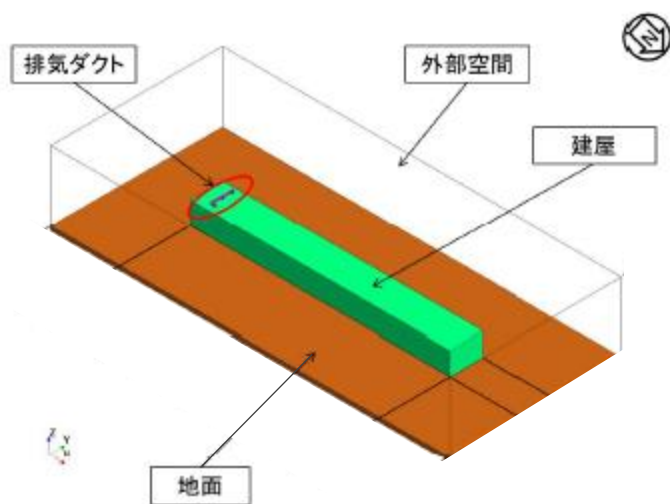


図-2 評価モデル（全景）

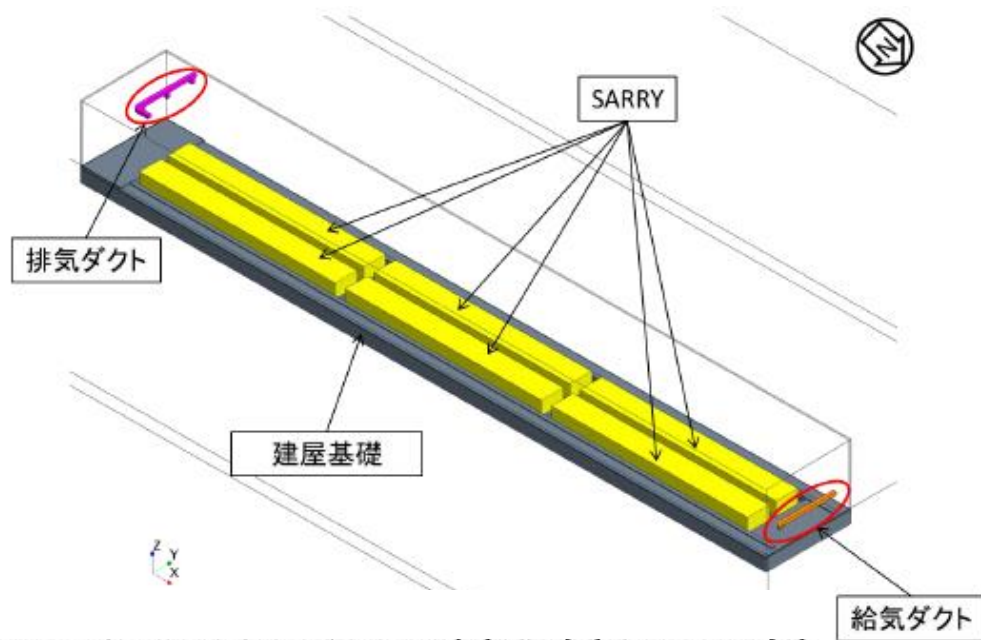


図-3 評価モデル（建屋詳細）

以上

使用済吸着塔等内包水の施設外への漏えい防止能力についての計算書

1. 使用済吸着塔等内包水の漏えいの拡大防止能力の評価

本施設に貯蔵する使用済吸着塔等から内包水が流出した場合は、放射性物質が漏えいする可能性があることから、その拡大防止能力を評価する。

2. 堰並びに漏えい検出器に関する説明

本施設では、貯蔵する使用済吸着塔等からの漏えい拡大防止及び建屋外への漏えい防止の観点から、3ヶ所の貯蔵エリアにそれぞれ堰の機能を持たせる。堰の設置箇所について、図-1に示す。いずれの貯蔵エリアも仕様は同一である。堰の名称、主要寸法及び材料について、表-1に示す。

また、漏えいの早期検知の観点から、漏えい検出器を設ける。漏えい検出器の設置箇所について、図-2に示す。漏えい検出器が作動した場合は、5・6号中央制御室に警報を発する。

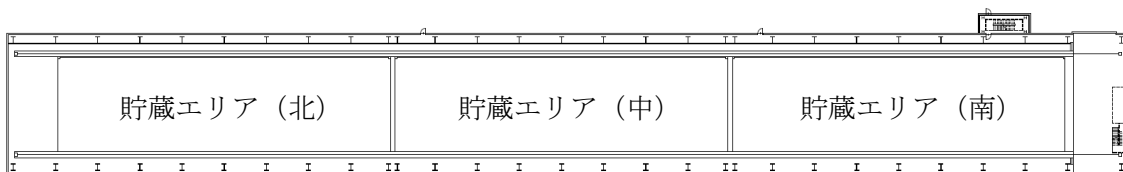


図-1 堰（貯蔵エリア）の配置

表-1 堰の名称, 主要寸法, 材料

名 称		貯蔵エリア（3ヶ所とも同仕様）
主要寸法	堰の高さ	1,000mm以上
	床・壁の塗装	床面及び床面から堰の高さ以上までの壁面
材 料	堰	鉄筋コンクリート
	床・壁の塗装	エポキシ樹脂

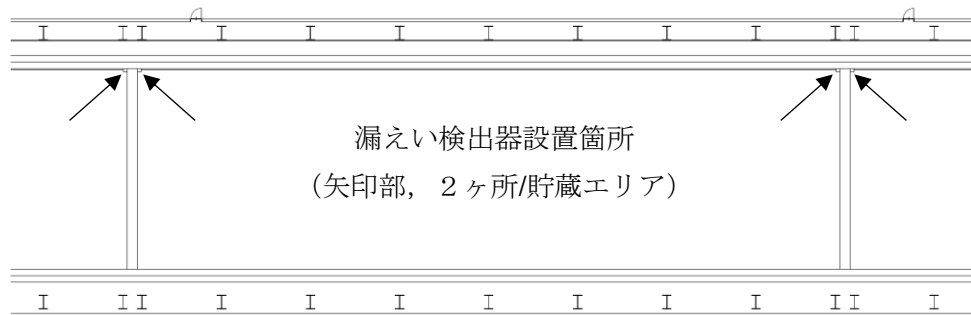


図-2 漏えい検出器の設置箇所 (図-1 中央部の拡大図)

3. 使用済吸着塔等内包水の施設外への漏えい防止能力の評価

貯蔵する容器内が水のみで満たされていると仮定し、貯蔵エリアあたりの内包水量が最大となるセシウム吸着装置吸着塔 384 基の容器内包水が全量流出となる条件で評価を行なった。堰の大きさは、幅 15.75m×長さ 55.15m として評価した。この漏えい防止能力の評価を表-2 に示す。

表-2 の①に示す量の水が漏えいし、貯蔵エリア全体に広がると仮定した。②に示す貯蔵エリア床面積のうち、吸着塔を保管する架台の遮へい板と 2 段積で保管予定の吸着塔の下段部にあたる 192 基の遮へい胴の床への投影面積は、水が流入しない為、③に示す排除面積とした。①÷(②-③)で貯蔵エリア内の液位を求めると 885mm となる。

①÷(②-③)<④の関係を満足しており、流出した水は貯蔵エリアにとどまり、内包水の施設外への漏えいは防止される。

表-2 施設外への漏えい防止能力の評価

名称	想定する漏えい量(m <sup>3</sup> )	貯蔵エリア床面積(m <sup>2</sup> )	排除面積(m <sup>2</sup> )	想定水深(mm)	堰高さ(mm)
	①	②	③	①÷(②-③)	④
セシウム吸着装置吸着塔を貯蔵する場合	633.6	868	152	885	1000

以上

## 大型廃棄物保管庫に係る確認事項

大型廃棄物保管庫の建屋の工事に係る確認事項を表-1に示す。

表-1 大型廃棄物保管庫の建屋の工事に係る確認事項

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
遮へい機能	材料確認	コンクリートの乾燥単位容積質量を確認する。	2.1g/cm <sup>3</sup> 以上であること。
	寸法確認	遮へい部材の断面寸法を確認する。	遮へい部材の断面寸法が、実施計画に記載されている寸法以上であること。
構造強度	材料確認	コンクリートの圧縮強度を確認する。	コンクリートの強度が、実施計画に記載されている設計基準強度に対して、JASS 5N の基準を満足すること。
		鉄筋の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3112 に適合すること。
	据付確認	鉄筋の径、間隔を確認する。	鉄筋の径、間隔が JASS 5N の基準を満足すること。

大型廃棄物保管庫の設備の工事に係る確認事項を表-2～6に示す。

表-2 確認事項（貯蔵エリアの堰）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	材料確認	実施計画に記載されている主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画に記載されている寸法を満足すること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	外観上、傷・へこみ・変形の異常がないこと。
	据付確認	堰その他の設備の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。

表－3 確認事項（漏えい検出器及び警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	外観上、傷・へこみ・変形の異常がないこと。
	据付確認	装置の据付状態について確認する。	貯蔵エリア（堰）内に据付られていること。
機能	漏えい警報確認	漏えい信号により警報が作動することを確認する。	漏えいの信号により警報が発生すること。

表－4 確認事項（送風機，排風機）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	外観上、傷・へこみ・変形の異常がないこと。
	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。
性能	運転性能確認	送風機，排風機の運転確認を行う。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また，異音，異臭，振動の異常がないこと。

表－5 確認事項（排気フィルタ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	外観上、傷・へこみ・変形の異常がないこと。
	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。
性能	運転性能確認	定格容量での装置の状態を確認する。	実施計画に記載されている容量にて変形の異常がないこと。



表-6 確認事項 (クレーン)

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。	実施計画に記載の材料を使用していること。
	構造 確認	外観確認	組み立てた状態における外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
		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。	実施計画に記載の寸法が許容範囲内であること。
		据付確認	組み立てた状態における据付状態を確認する。	実施計画の通りに施工・据付がなされていること。
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。	動力源が喪失した場合においても定格荷重を保持し続ける構造であること。 動力源断時に電動油圧押し上機ブレーキで保持する構造であること。
				二重のワイヤロープで保持する構造であること。
				フックは外れ防止装置を有する構造であること。
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定格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。

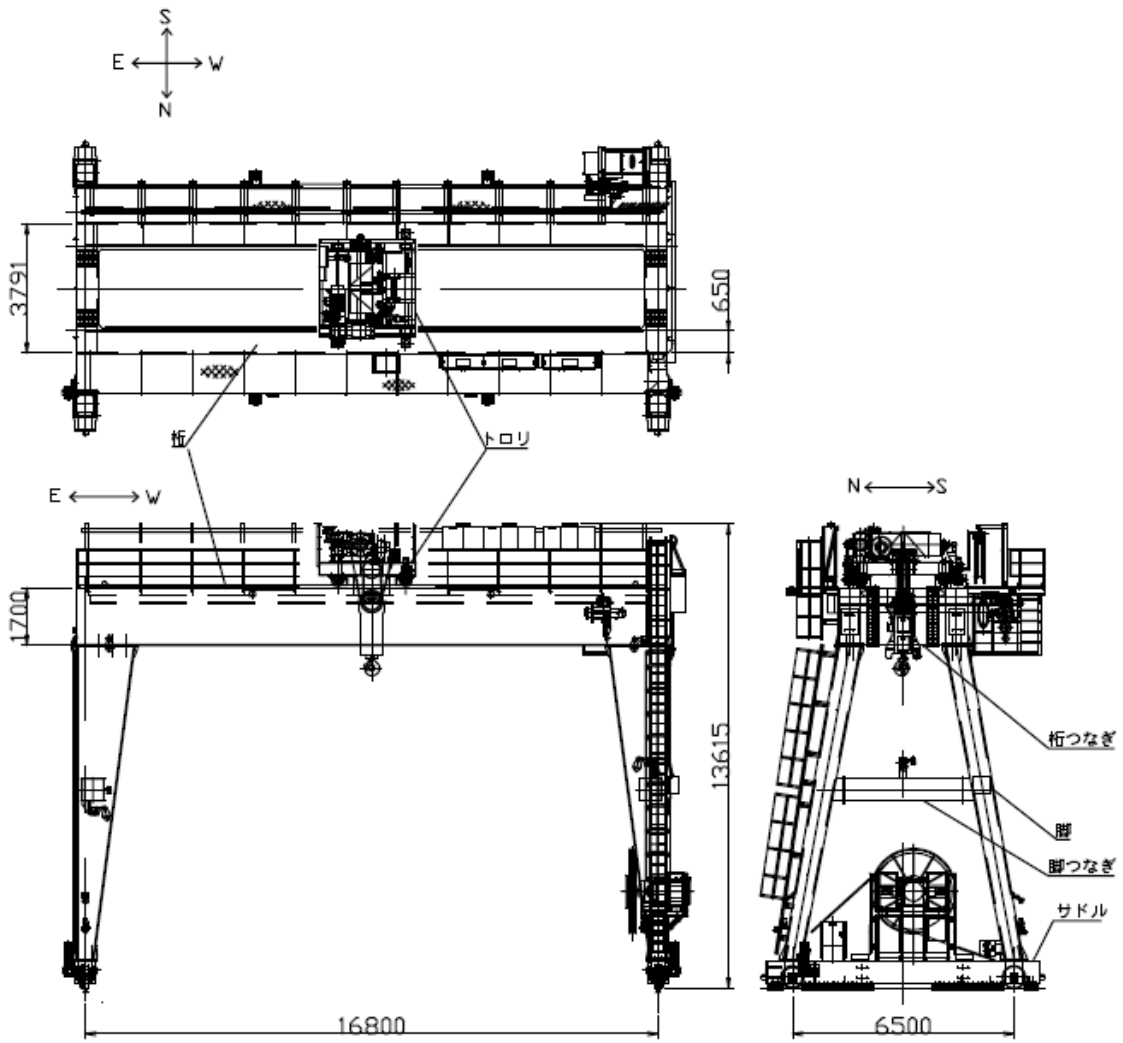


図-1 クレーン外形図

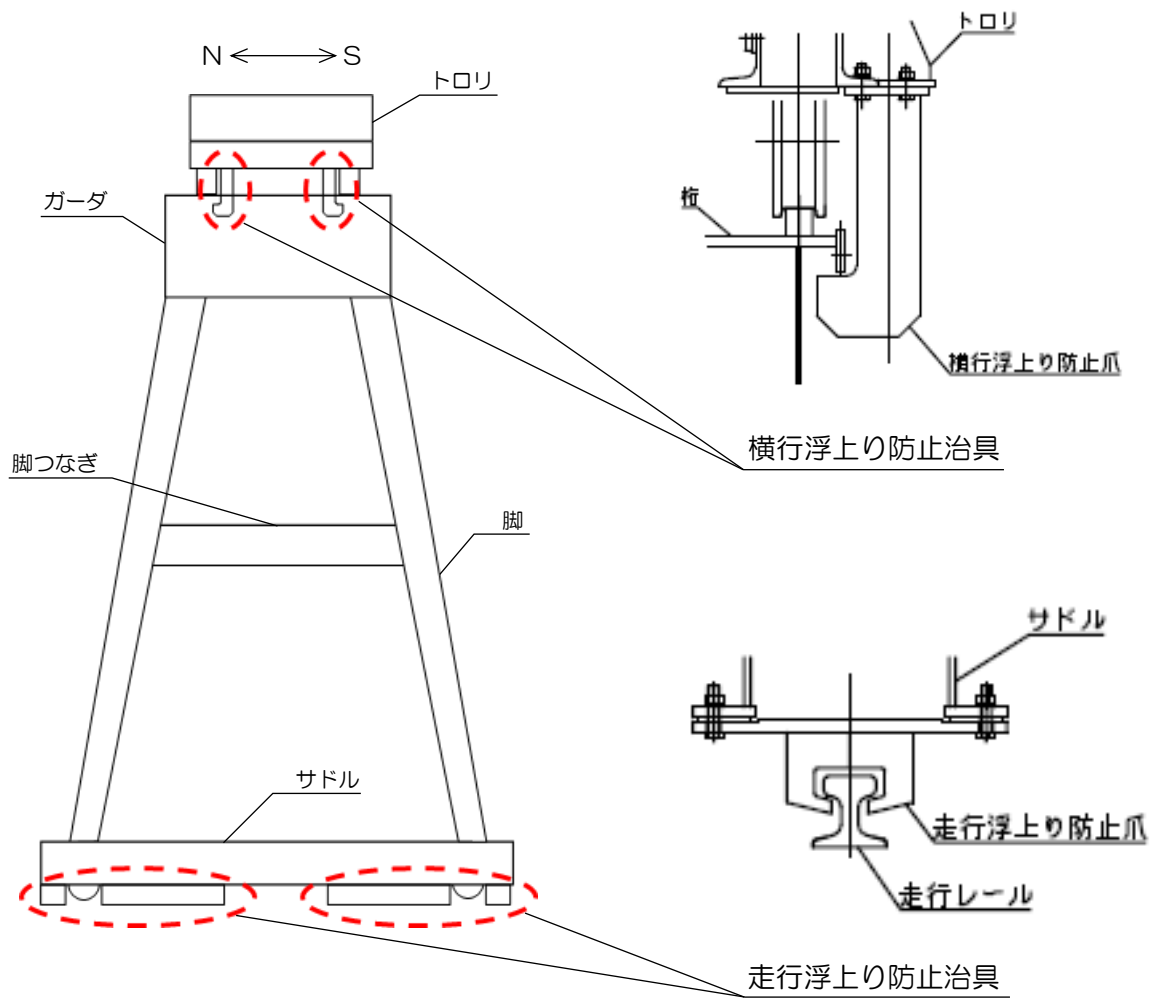


図-2 走行／横行浮上り防止治具外形図

表-7 主要部材一覧

機器	部位	使用材料
クレーン	桁	SM570
	桁つなぎ	SM570
	脚	SM570
	脚つなぎ	SM570
	サドル	SM570
	走行浮上り防止爪	SS400
	横行浮上り防止爪	SM570

大型廃棄物保管庫設置工程

項目	2019年												2020年												2021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			
大型廃棄物保管庫 建屋設置工事	地盤改良												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																									機器設置工事											
クレーン 設置工事																																				

項目	2022年												2023年												2024年											
	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	4	5	6	7	8	9	10	11	12
大型廃棄物保管庫 建屋設置工事																																				
													鉄骨・外装・屋根工事																							
換気設備, 電源・計装設備 設置工事																																				
													機器設置工事																							
クレーン 設置工事																									クレーン設置工事											

## 大型廃棄物保管庫の構造強度に関する検討結果

## 1. 評価方針

建屋は、発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針上の B クラスの建物と位置づけられるため、耐震 B クラスとしての評価を実施する。なお、設計は建築基準法に準拠し、積雪荷重及び風荷重についても評価する。

建屋は、鉄骨造の地上 2 階で、平面が 23.35m (EW) × 186.2m (NS) であり、地上高さは 22.85m である。

建屋は、基礎梁を設けないべた基礎で、改良地盤を介して設置する。建屋の平面図及び断面図を図-1～図-5 に示す。

建屋に加わる地震時の水平力は、大梁、柱及びブレースからなるラーメン構造で負担する。耐震性の評価は、地震層せん断力係数として  $1.5 \cdot C_i$  を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。建屋の評価手順を図-6 に示す。

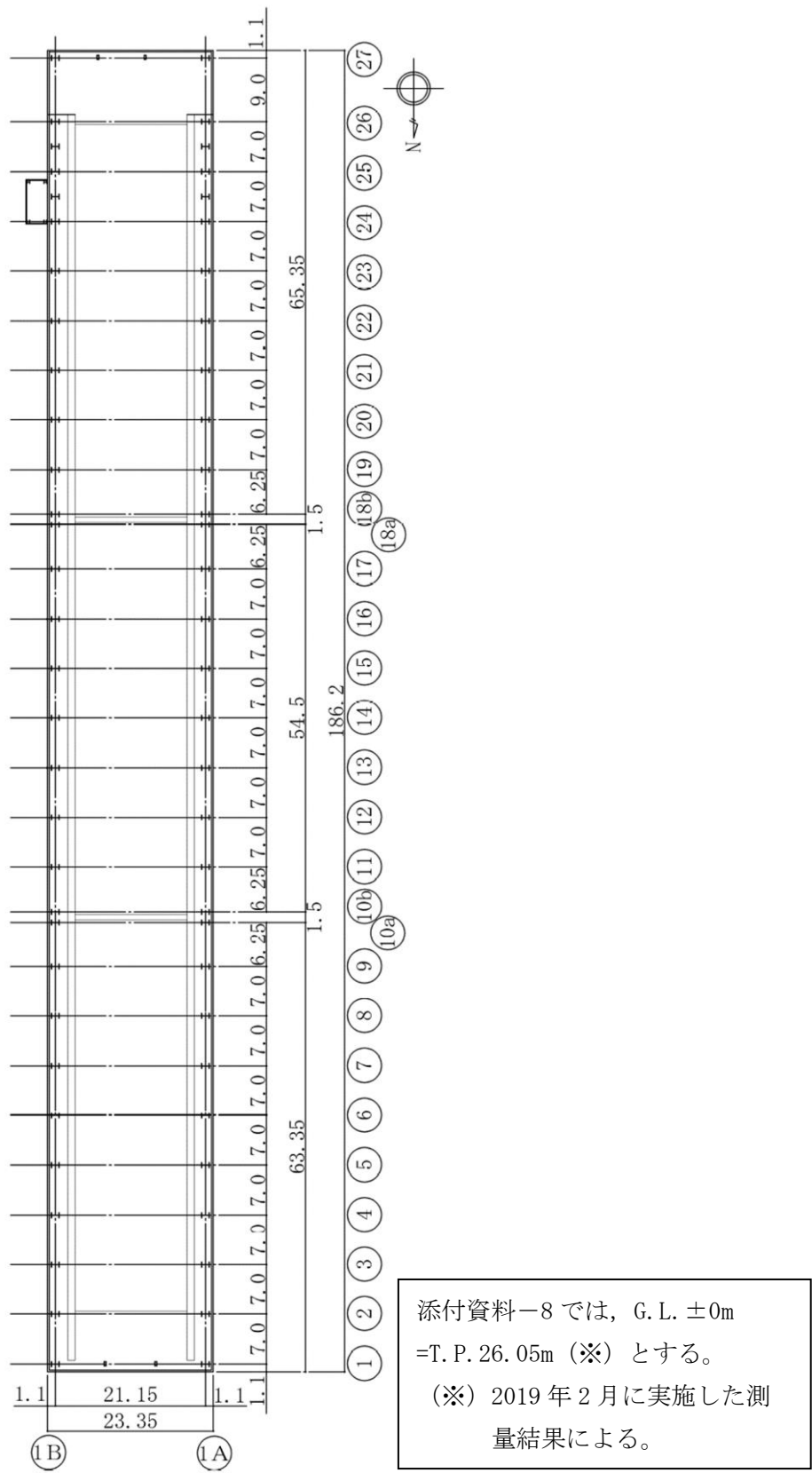


図-1 1階平面図 (G.L. +0.635) (単位 : m)

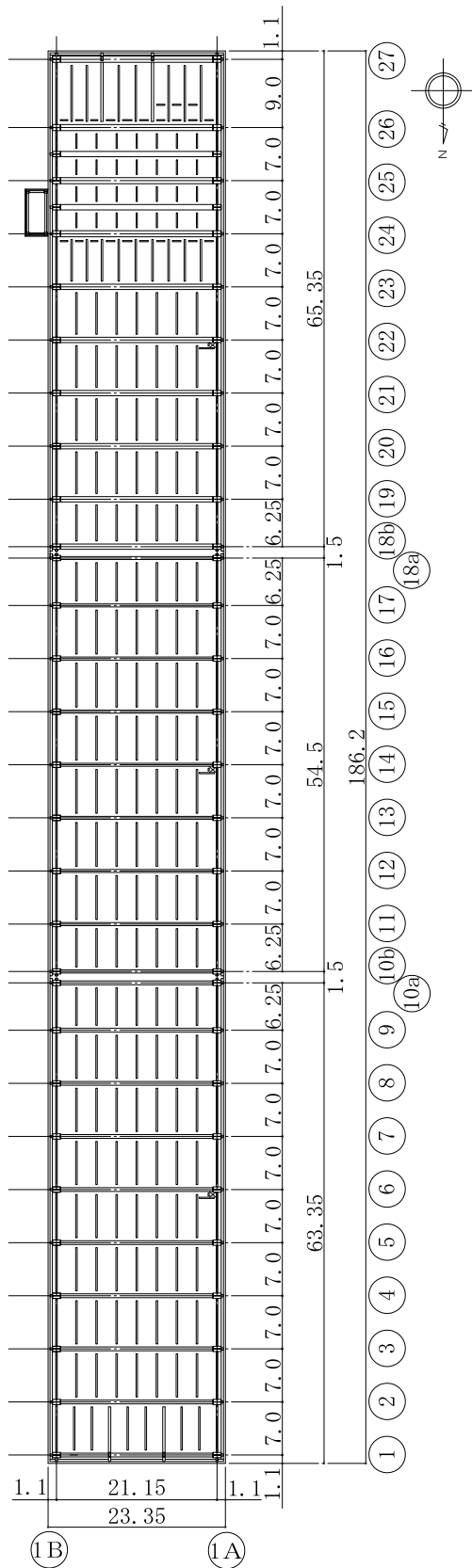


图-2 2階平面图 (G. L. +16.650) (单位 : m)



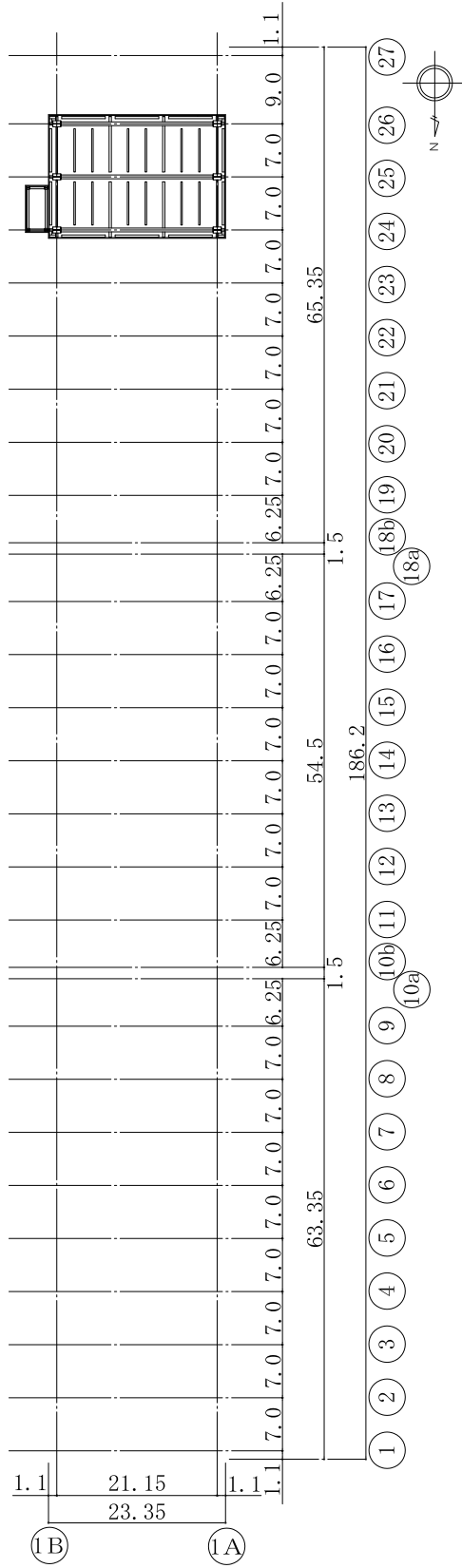


图-3 屋上階平面圖 (G. L. +22. 850) (单位 : m)

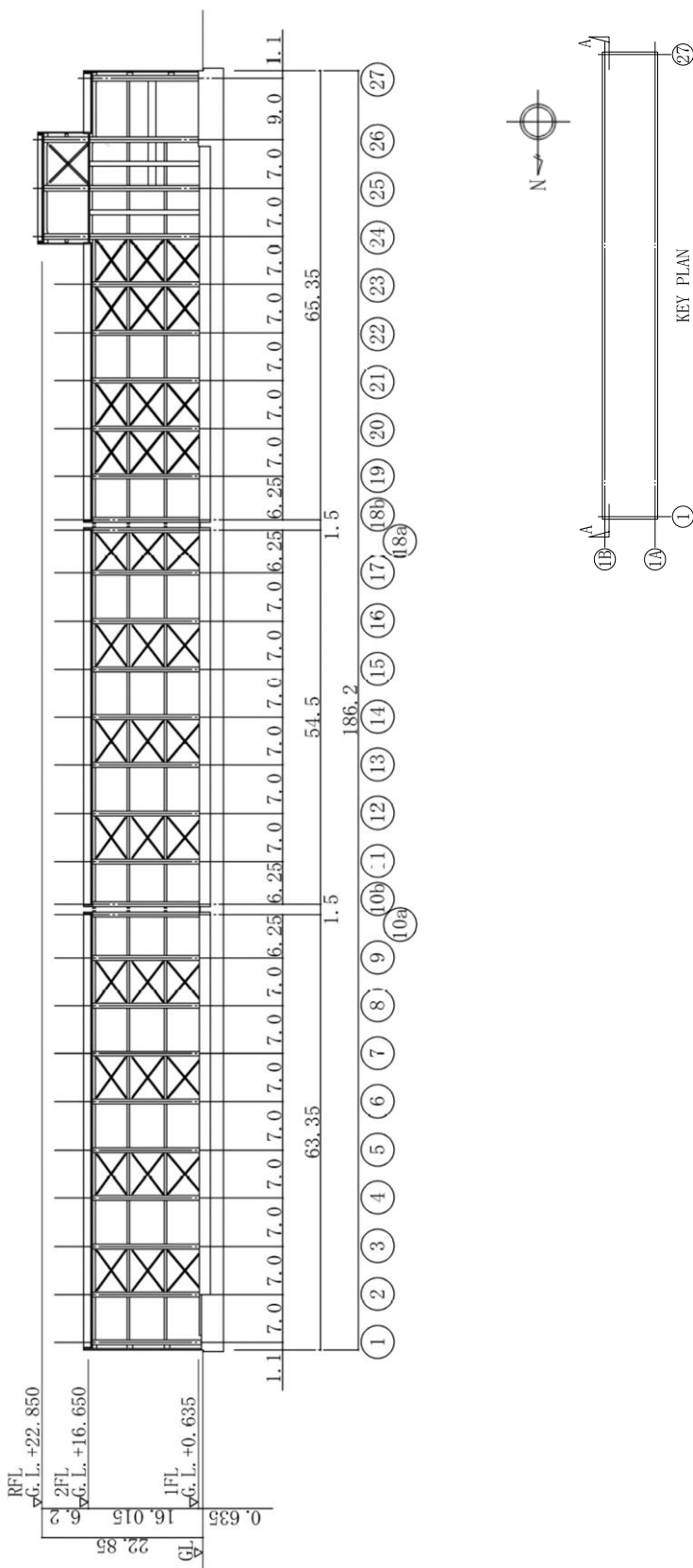


图-4 A-A 断面图 (EW 方向) (单位 : m)

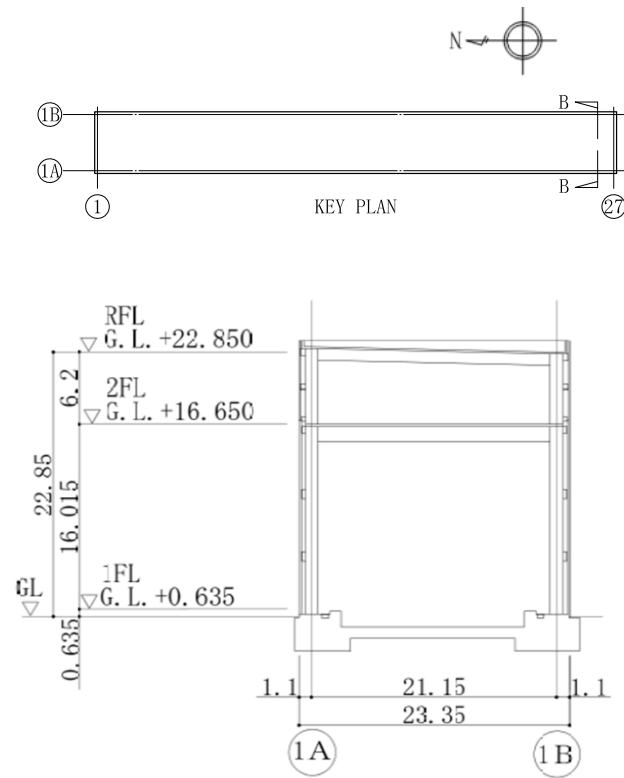


图-5 B-B 断面图 (NS 方向) (单位 : m)

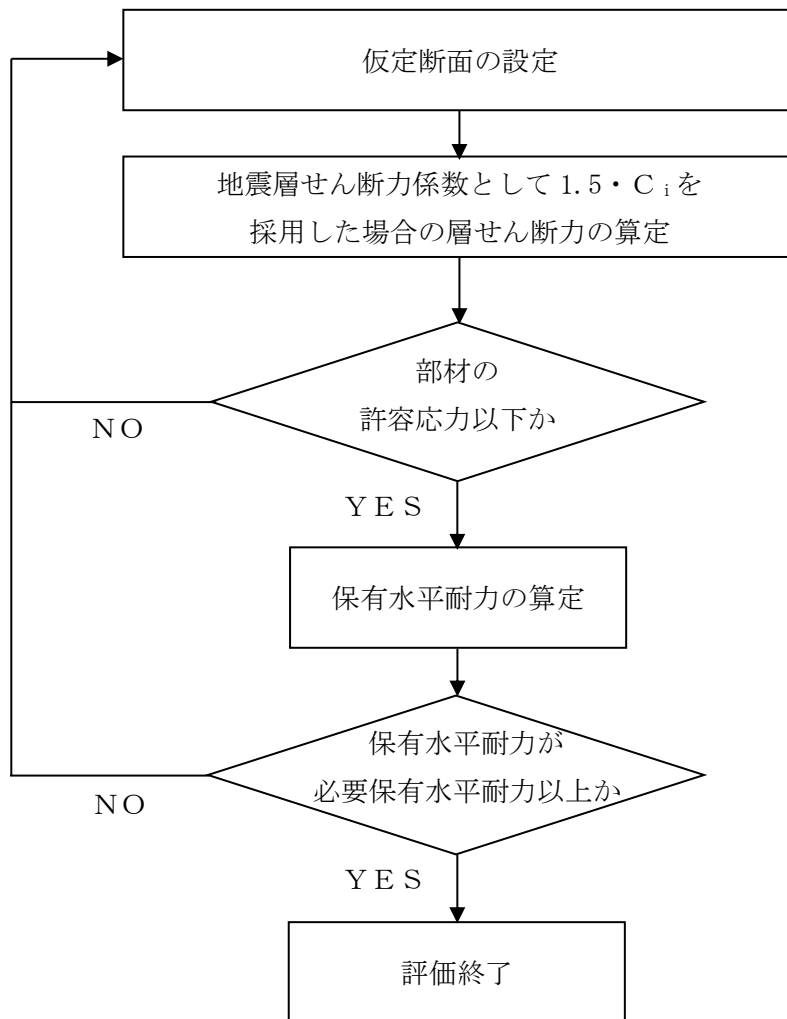


図-6 Bクラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順

## 2. 評価条件

### 2.1 使用材料並びに材料の許容応力度及び材料強度

建屋に用いられる材料のうち、基礎コンクリートは普通コンクリートとし、コンクリートの設計基準強度 $F_c$ は $24\text{N/mm}^2$ とする。基礎コンクリートに用いる鉄筋はSD295A, SD345及びSD390とする。上屋の鋼材は、SS400, SN400B, SN490Bとする。各使用材料の許容応力度を表-1～表-3に示す。

表-1 コンクリートの許容応力度\* (単位： $\text{N/mm}^2$ )

	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
$F_c = 24$	8	0.73	16	1.09

※：日本建築学会「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

表-2 鉄筋の許容応力度\* (単位： $\text{N/mm}^2$ )

	長期		短期	
	引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A	195	195	295	295
SD345	D25 以下	195	345	345
	D29 以上			
SD390	D25 以下	195	390	390
	D29 以上			

※：日本建築学会「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

表-3 鋼材の許容応力度\* (単位： $\text{N/mm}^2$ )

	F 値	長期		短期	
		引張・圧縮・曲げ	せん断	引張・圧縮・曲げ	せん断
SS400	235	156	90	235	135
SN400B	235	156	90	235	135
SN490B	325	216	125	325	187

※：建築基準法施行令第90条及び平12建告第2464号第1による。

注記：曲げ座屈のおそれのある材は曲げ座屈を考慮した許容応力度とする。また、圧縮材は座屈を考慮した許容応力度とする。

## 2.2 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 荷重

設計で考慮する荷重を以下に示す。

#### 1) 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重は、固定荷重、配管荷重、積載荷重及びクレーン荷重とする。

- ・固定荷重：32,000 t (建屋自重)
- ・配管荷重：300 N/m<sup>2</sup>
- ・積載荷重：210700 N/m<sup>2</sup>
- ・クレーン荷重：クレーン重量 110 t + 定格荷重 150 t

#### 2) 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重は、建築基準法施行令第 86 条、福島県建築基準法施行規則細則第 19 条に準拠し以下の条件とする。

- ・積雪量：30 cm
- ・単位荷重：20 N/m<sup>2</sup>/cm

#### 3) 風荷重 (WL)

風荷重は、建築基準法施行令第 87 条、建設省告示第 1454 号に基づく速度圧及び風力係数を用いて算定する。

- ・基準風速：30 m/s
- ・地表面粗度区分：II

#### 4) 地震荷重 (SEL)

地震力を算定する際の基準面は、地盤面として、建屋の高さに応じた当該部分に作用する全体の地震力を算定する。水平地震力は下式により算定し、算定結果を表-4 に示す。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

$Q_i$ ：地上部分の水平地震力 (kN)

$n$ ：施設の重要度分類に応じた係数 ( $n=1.5$ )

$C_i$ ：地震層せん断力係数

$W_i$ ：当該層以上の重量 (kN)

$Z$ ：地震地域係数 ( $Z=1.0$ )

$R_t$ ：振動特性係数 ( $R_t=1.0$ )

$A_i$  : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 ( $C_0=0.2$ )

表-4 水平地震力の算定結果

G. L. (m)	階	当該層以上の重量 $W_i$ (kN)	地震層せん断力係 数 $1.5 \cdot C_i$	設計用地震力 (kN)
+22.850	2	3394.3	0.718	2437.2
+16.650	1	86353.9	0.300	25906.2
+0.635				

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せについて表-5に示す。図-7に暴風時と地震時の層せん断力の比較結果を示す。

表-5 荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常時	A	VL*	長期
積雪時	B	VL+SNL	短期
地震時	C1	VL+SEL (W→E 方向)	
	C2	VL+SEL (E→W 方向)	
	C3	VL+SEL (S→N 方向)	
	C4	VL+SEL (N→S 方向)	

※：鉛直荷重 (VL) は固定荷重 (DL), 配管荷重 (PL) 及び積載荷重 (LL) を加え合わせたものである。  
 注記：暴風時の風荷重 (WL) は地震荷重 (設計用地震力 1.5C<sub>i</sub>) に比べて小さいため、荷重の組合せにおいては地震荷重によって代表させる。

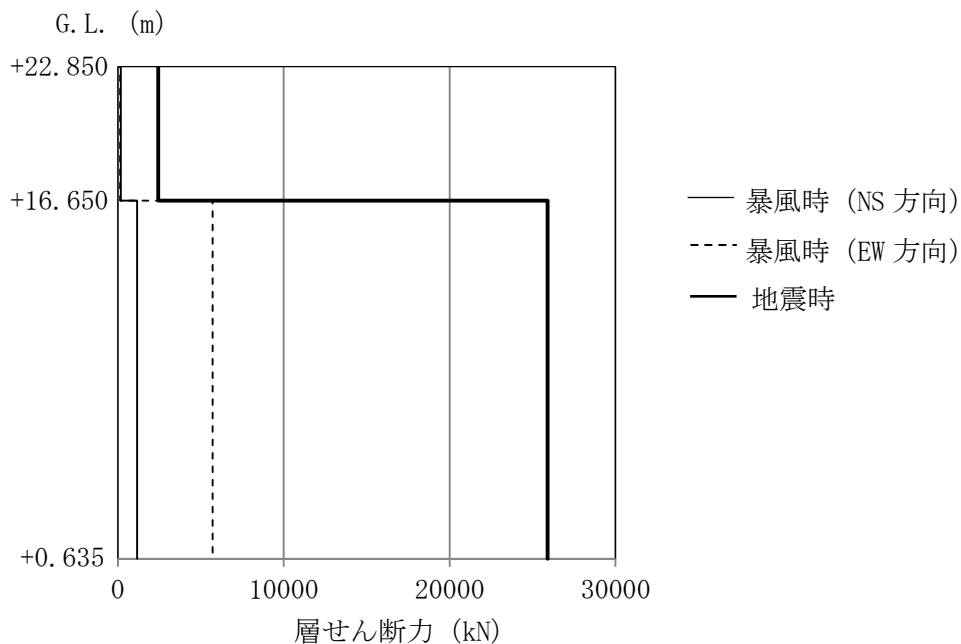


図-7 暴風時と地震時の層せん断力の比較結果



### 3. 評価結果

上部構造の応力解析は、大梁、柱及びブレースを線材置換した平面モデルにより行う。

#### 3.1 大梁の評価結果

検討により求められた大梁の作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位について表-6に示す。

これより、各部材の作用応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表-6 大梁の作用応力と許容応力

検討箇所	断面 (単位：mm)	荷重 ケース	応力	作用応力	許容応力	検定比
2階 1A～1B 25通り 通り間	H-1000×500 ×19×32	常時 A	曲げモーメント	1563 kN・m	3239 kN・m	0.49
			せん断力	446 kN	2056 kN	0.22
1階 10b～11 1B通り 通り間	H-400×200 ×8×13	地震時 C3	曲げモーメント	186 kN・m	228 kN・m	0.82
			せん断力	90 kN	328 kN	0.28

### 3.2 柱の評価結果

検討により求められた柱の作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位について表-7に示す。

これより、各部材の作用応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表-7 柱の作用応力と許容応力

検討箇所	断面 (単位：mm)	荷重 ケース	応力	作用応力	許容応力	検定比
1階 1A/14 通り	BH-1100×700 ×28×36	常時 A	曲げモーメント	N =1482 kN Mx= 3 kN・m My=1238 kN・m	11505 kN 1271 kN・m 6409 kN・m	0.34
			せん断力	Qy= 76 kN	3352 kN	0.03
1階 1A/26 通り	BH-1100×800 ×28×40	地震時 C2	曲げモーメント	N =2731 kN Mx= 20 kN・m My=3954 kN・m	18346 kN 1843 kN・m 11810 kN・m	0.51
			せん断力	Qy= 486 kN	4987 kN	0.10

注記：柱の軸力Nは、圧縮を正とする。

### 3.3 ブレースの評価結果

検討により求められたブレースの作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大となる部位を表-8に示す。

これより、ブレースの作用応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表-8 ブレースの作用応力と許容応力

検討箇所	断面 (単位：mm)	荷重 ケース	応力	作用応力 (kN)	許容応力 (kN)	検定比
1階 1B/19～20 通り間	2[-250×90 ×11×14.5	地震時 C4	軸力	1916	2156	0.89

### 3.4 基礎スラブの評価結果

必要鉄筋比及び面外せん断力について、検定比が最大となる部位の断面検討結果を表-9及び表-10に示す。基礎スラブ配筋図を図-8に示す。

これより、設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り、また短期許容せん断力が面外せん断力を上回ることを確認した。

表-9 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果

荷重 ケース	軸力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	必要鉄筋比 (%)	設計鉄筋比 (%)	検定比
常時 A	-58	2466	0.17	0.23	0.74
地震時 C1	-12	584	0.19	0.37	0.52

表-10 面外せん断力に対する検討結果

荷重 ケース	面外せん断力 (kN/m)	短期許容せん断力 (kN/m)	検定比
常時 A	-1113	1731	0.65
地震時 C2	903	1536	0.59

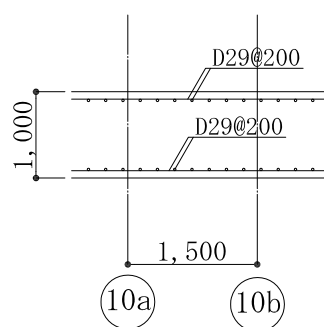


図-8 基礎スラブの配筋図 (1A 通り, 単位: mm)

### 3.5 改良地盤の評価結果

#### (1) 設計方針

建屋を支持する改良地盤は、基礎直下の地盤を南北方向に約 187.8m、東西方向に約 25.4m、改良体厚さ 8.45m とし、G.L. -10.60m の泥岩に支持する。

検討は「改訂版 建築物のための改良地盤設計及び品質管理指針 日本建築センター」に準拠し、改良地盤の支持力に対して、常時及び地震時の改良地盤に生じる最大接地圧が許容支持力度以下であることを確認する。

#### (2) 常時における改良地盤の検討

常時における改良地盤に生じる最大応力と許容支持力度の比較を、検定比が最大となる位置について表-11 に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力が許容支持力度以下であることを確認した。

表-11 改良地盤の接地圧と許容支持力度の比較

検討位置	接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	許容支持力度※ (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
1A-1B/4-5 通り	270	333	0.82

※：G.L. -10.60m の地盤支持力と G.L. -2.20m の改良地盤を含んだ地盤支持力の小さい値を記載

#### (3) 地震時における改良地盤の検討

地震時における改良地盤に生じる最大応力と許容支持力度の比較を、検定比が最大となる位置について表-12 に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力が許容支持力度以下であることを確認した。

表-12 改良地盤の接地圧と許容支持力度の比較

検討位置	接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	許容支持力度※ (kN/m <sup>2</sup> )	検定比
1A/24-25 通り	271	666	0.41

※：G.L. -10.60m の地盤支持力と G.L. -2.20m の改良地盤を含んだ地盤支持力の小さい値を記載

#### 4. 保有水平耐力の検討

必要保有水平耐力 ( $Q_{un}$ ) に対して、保有水平耐力 ( $Q_u$ ) が上回っていることを確認する。

各層の保有水平耐力は、建築基準法・同施行令及び平成 19 年国土交通省告示第 594 号に基づき算出する。各層の必要保有水平耐力と保有水平耐力の算定結果を表-13 に示す。

これより、建屋は必要保有水平耐力の 1.42 倍以上の保有水平耐力を有していることを確認した。

表-13 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

(1) EW 方向 (短辺)

G. L. (m)	階	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$ ※
+22.850	2	2439.8	4452.5	1.82
+16.650 +0.635	1	30223.7	46832.6	1.54

※：安全裕度

(2) NS 方向 (長辺)

G. L. (m)	階	必要保有水平耐力 $Q_{un}$ (kN)	保有水平耐力 $Q_u$ (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$ ※
+22.850	2	2439.8	4447.0	1.82
+16.650 +0.635	1	34541.5	49261.7	1.42

※：安全裕度

以上のことから、大型廃棄物保管庫の耐震安全性は確保されているものと評価した。

## 大型廃棄物保管庫の緊急時対策に関する説明書

### 1. 概要

本説明書は、大型廃棄物保管庫の緊急時対策が「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について（2012年11月7日原子力規制委員会決定。以下、「措置を講ずべき事項」という。）」のうち、「Ⅱ. 13. 緊急時対策」に適合することを説明するものである。

### 2. 基本方針

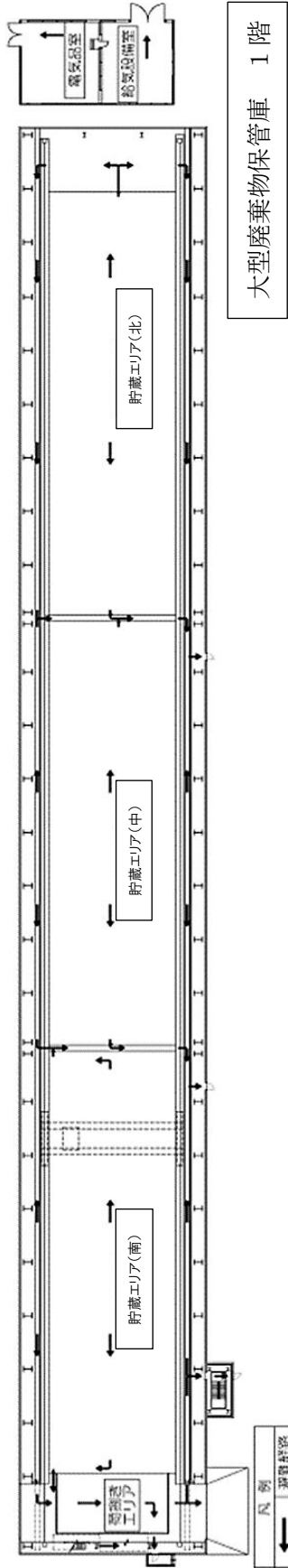
大型廃棄物保管庫は、実施計画Ⅱ「1. 13 緊急時対策」に従い、事故や大規模な自然災害等の緊急事態が発生した場合を想定し、安全避難経路や非常用照明灯等の資機材を整備する。また、事故時等において、作業員等に対し的確に指示ができるよう適切な警報系（ページング、スピーカ等）及び通信連絡設備（PHS等）を配備する。

### 3. 安全避難経路、非常用照明及び警報系・通信連絡設備の設置方針

大型廃棄物保管庫には、水処理二次廃棄物の点検、漏えい時の現場確認及び定期的な放射線測定、建物及び建物内の巡視点検のための出入りを行うことから、建築基準法及び関係法令に基づく安全避難経路、照明装置、並びに消防法及び関係法令に基づく誘導灯を設置する。

また、緊急時の通信手段として、PHSが使用可能であること及び建屋にスピーカを設置し、免震重要棟より建屋内にいる作業員等に指示・連絡ができるよう設計している。

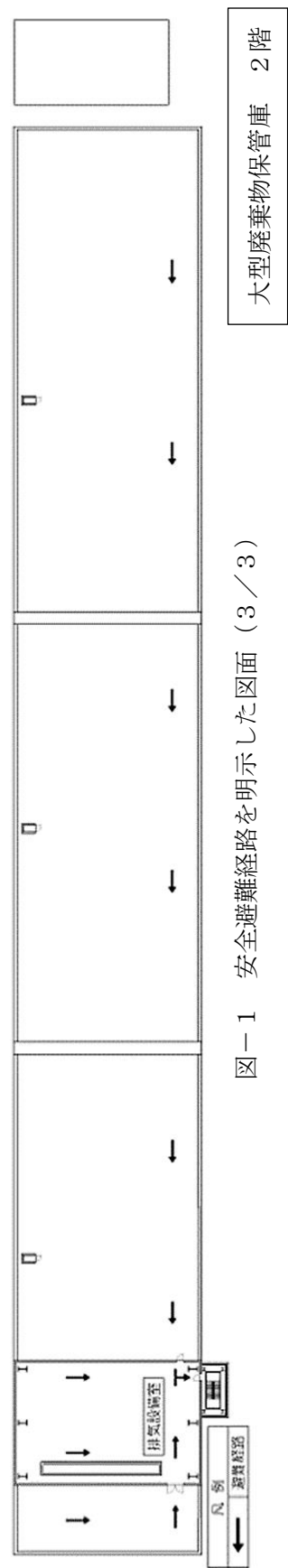
安全避難経路を図-1、非常用照明の取付箇所を図-2に示す。



図一 1 安全避難経路を明示した図面 (1 / 3)

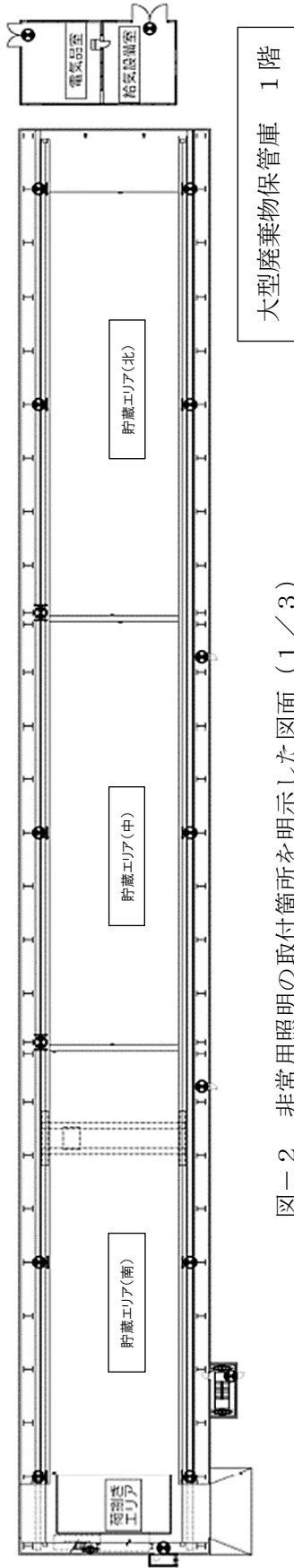


図一 1 安全避難経路を明示した図面 (2 / 3)



図一 1 安全避難経路を明示した図面 (3 / 3)



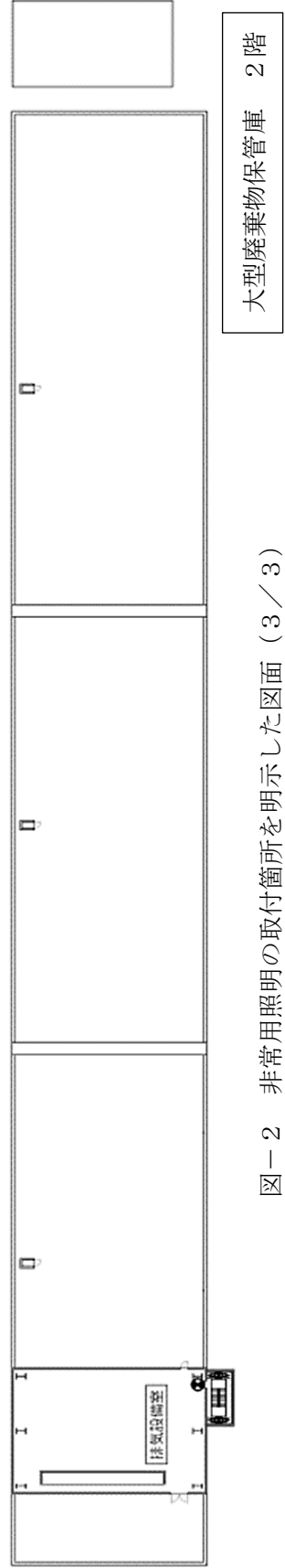


図一 2 非常用照明の取付箇所を明示した図面 (1 / 3)

- [凡例]
- : 避難口誘導灯 (電池内蔵型)
  - ⊙ : 通路誘導灯 (電池内蔵型)
  - : 非常用照明器具 (電池内蔵型)
  - ⊖ : 階段通路誘導灯 (電池内蔵型)



図一 2 非常用照明の取付箇所を明示した図面 (2 / 3)



図一 2 非常用照明の取付箇所を明示した図面 (3 / 3)

## 火災防護に関する説明書並びに消火設備の取付箇所を明示した図面

## 1. 火災防護に関する基本方針

大型廃棄物保管庫は、火災により安全性が損なわれることを防止するために、火災の発生防止対策、火災の検知及び消火対策、火災の影響の軽減対策の3方策を適切に組み合わせた措置を講じる。

## 2. 火災の発生防止

## 2.1 不燃性材料、難燃性材料の使用

大型廃棄物保管庫の建屋の主要構造部である壁、柱、床、梁、屋根は、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。また、間仕切り壁及び天井材についても、建築基準法及び関係法令に基づき、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。

更に、建屋内の機器、配管、ダクト、トレイ、電線路、盤の筐体、及びこれらの支持構造物についても、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用し、幹線ケーブル及び動力ケーブルは難燃ケーブルを使用する他、消防設備用のケーブルは消防法に基づき、耐火ケーブルや耐熱ケーブルを使用する。

## 2.2 発火性、引火性材料の予防措置

通常運転時はもとより、異常状態においても火災の発生を防止するための予防措置を講じる。

発火性又は引火性液体を内包する設備については、溶接構造、シール構造とし、液面監視により、漏えいの早期発見を図る。また、その内蔵量を運転上の要求に見合う最低量に抑える設計とする。

## 2.3 自然現象による火災発生防止

大型廃棄物保管庫の構築物、系統及び機器は、落雷、地震等の自然現象により火災が生じることがないように防護した設計とし、建築基準法及び関係法令に基づき避雷設備を設置する。

大型廃棄物保管庫は「添付資料-12 大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書」に従い設計を行い、破壊又は倒壊を防ぐことにより、火災発生を防止する設計とする。

## 3. 火災の検知及び消火

## 3.1 火災検出設備及び消火設備

火災検出設備及び消火設備は、大型廃棄物保管庫に対する火災の悪影響を限定し、早期消火を行える消防法及び関係法令に基づいた設計とする。

(1) 火災検出設備

放射線，取付面高さ，温度，湿度，空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して感知器の型式（熱・煙）を選定する。また，火災検出設備は外部電源喪失時に機能を失わないよう電池を内蔵した設計とする。

(2) 消火設備

消火設備は，消火器のみで構成する。また，福島第一原子力発電所内の消防水利に消防車を連結することにより，大型廃棄物保管庫にて発生した火災の消火が可能である。

3.2 自然現象に対する消火装置の性能維持

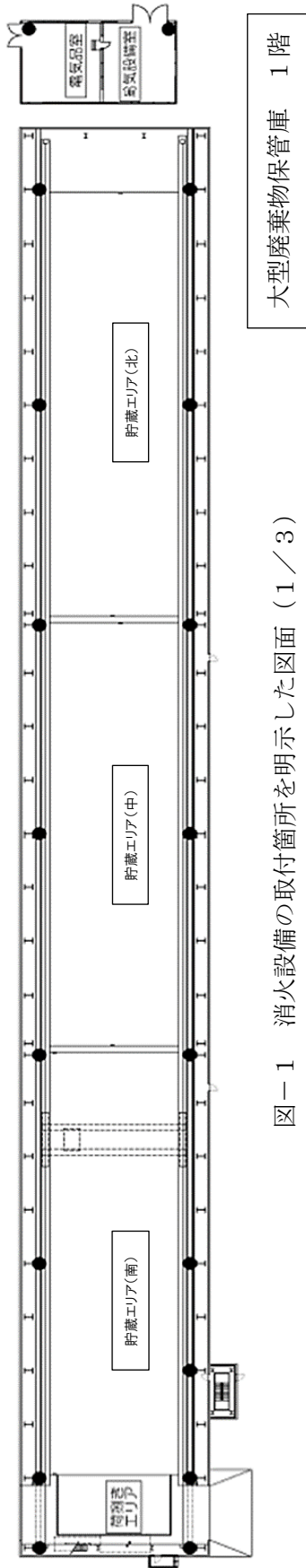
火災検出設備及び消火設備は地震等の自然現象によっても，その性能が著しく阻害されることのないよう措置を講じる。消火設備は，消防法に基づいた設計とし，耐震設計は「添付資料-12 大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書」に基づいて適切に行う。

4. 火災の影響の軽減

主要構造部の外壁は，建築基準法及び関係法令に基づき，必要な耐火性能を有する設計とする。

5. 消火設備の取付箇所を明示した図面

消火設備の取付箇所について，図-1に示す。



図一1 消火設備の取付箇所を明示した図面 (1 / 3)



図一1 消火設備の取付箇所を明示した図面 (2 / 3)



図一1 消火設備の取付箇所を明示した図面 (3 / 3)

大型廃棄物保管庫内作業に係る作業者の被ばく線量低減対策について

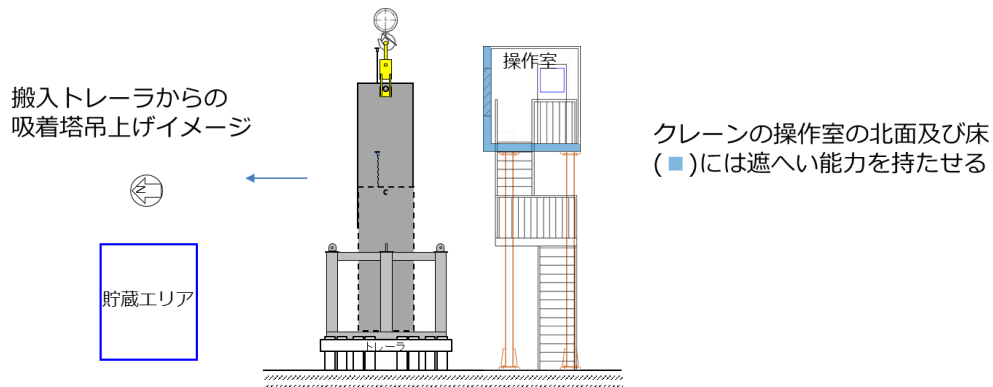
大型廃棄物保管庫内で行う作業に従事する作業者の被ばく線量低減のための対策を示す。

1. 基本方針

大型廃棄物保管庫内で行う主な作業である、保管庫への搬入・保管など使用済吸着塔等の取扱作業及び、貯蔵エリアの定期的な巡視を対象とする。

2. 使用済吸着塔等の取扱作業

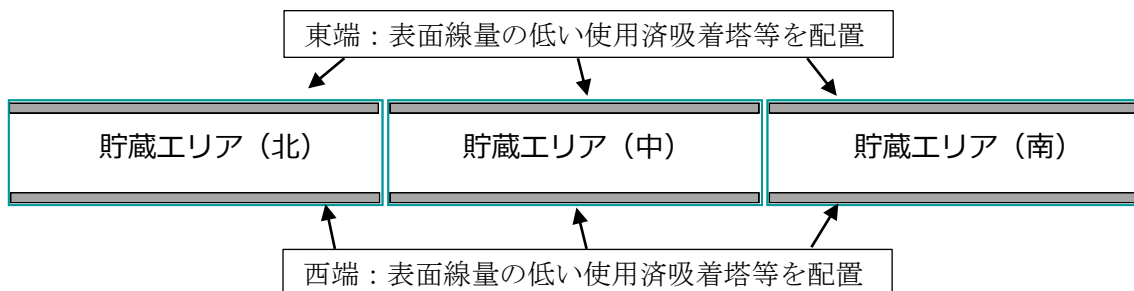
大型廃棄物保管庫に搬入した使用済吸着塔等の保管場所への定置作業に従事する作業者の被ばく線量低減のため、大型廃棄物保管庫内での使用済吸着塔等の移動は、遠隔操作が可能な橋形クレーンを用いる。クレーンの操作室には遮へい能力を持たせる。



3. 巡視

巡視での主な確認事項は使用済吸着塔等の保管状態であり、貯蔵エリア内の使用済吸着塔等の周囲に近づき確認する必要がある。

作業者が接近する貯蔵エリア東西端に表面線量の低い使用済吸着塔等を配置する運用を行い、巡視する作業者の被ばく線量低減を図る。



## 大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書

## 1. 概要

本説明書は、大型廃棄物保管庫の耐震設計が「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について（2012年11月7日原子力規制委員会決定。以下、「措置を講ずべき事項」という。）」のうち、「Ⅱ.14.設計上の考慮 ②自然現象（地震に限る。）に対する設計の考慮」に適合することを説明するものである。

## 2. 耐震設計の基本方針

## 2.1 基本方針

大型廃棄物保管庫の耐震設計は、地震により必要な安全機能が損なわれるおそれがないことを目的とし、措置を講ずべき事項及び、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日及び2023年6月19日一部改訂。以下、「1F耐震設計フロー」という。）に適合する設計とする。

耐震設計に当たっては平成26年10月3日の第27回特定原子力監視・評価検討会にて説明をし、平成27年12月18日の第38回特定原子力施設監視・評価検討会において、福島第一原子力発電所（以下、「1F」という。）における基準地震動 $S_s$ に相当する地震動として原子力規制庁による確認を受けた検討用地震動（最大加速度900ガル。）及び弾性設計用地震動 $S_d$ を考慮することとし、1F耐震設計フローに基づくものとする。また、必要に応じて「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈等の規制基準、関連審査ガイド、民間規格等を参考にする。

## 2.2 適用規格等

適用する規格としては、既に認可された工事計画及び実施計画（以下、既認可という）で適用実績がある規格のほか、最新の規格基準についても技術的妥当性及び適用性を確認したうえで適用可能とする。なお、規格基準に規定のない評価手法等を用いる場合は、既往の研究等において試験、解析等により妥当性が確認されている手法、設定等について、適用条件、適用範囲に留意し、その適用性を確認した上で用いる。

### 3. 耐震設計上の区分の設定方針

施設は、地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響の観点から耐震設計上の重要度（以下、耐震クラス）を分類する。

### 4. 弾性設計用地震動 $S_d$ の設定方針

弾性設計用地震動  $S_d$  は、基準地震動  $S_s$  に係数 0.5 を乗じて設定する。

### 5. 設計用地震力

#### 5.1 地震力の算定方法

耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

##### (1) 静的地震力

静的地震力は、Sクラスの施設、B+クラスの施設、Bクラスの施設及びCクラスの施設に適用することとし、それぞれの耐震クラスに応じて、以下の地震層せん断力係数  $C_i$  及び震度に基づき算定するものとする。

##### a. 建物・構築物

水平地震力は、地震層せん断係数  $C_i$  に、次に示す施設の耐震クラスに応じた係数を乗じ、更に当該層以上の重量を乗じて算定するものとする。

Sクラス	3.0
B+クラス及びBクラス	1.5
Cクラス	1.0

ここで、地震層せん断力係数  $C_i$  は、標準せん断力係数  $C_0$  を 0.2 以上とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

また、必要保有水平耐力の算定においては、地震層せん断力係数  $C_i$  に乗じる施設の耐震クラスに応じた係数は 1.0 とし、その際に用いる標準せん断力係数は  $C_0$  は 1.0 以上とする。

Sクラスの施設については、鉛直地震力は、震度 0.3 以上を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮し、高さ方向に一定として求めた鉛直震度より算定するものとする。

##### b. 機器・配管系

静的地震力は、上記 a. に示す地震層せん断力係数  $C_i$  に施設の耐震クラスに応じた係数を乗じたものを水平震度とし、当該水平震度及び上記 a. の鉛直震度をそれぞれ 20%増した震度より求めるものとする。

Sクラスの施設については、水平地震力と鉛直地震力は同時に不利な方向の組合せで作用するものとする。ただし、鉛直方向は高さ方向に一定とする。

上記 a. 及び b. の標準せん断力係数  $C_0$  等の割増し係数の適用については、耐震性向上の観点から、一般産業施設、公共施設等の耐震基準との関係を考慮して設定する。

## (2) 動的地震力

動的地震力は、Sクラスの施設、B+クラスの施設及びBクラス施設のうち共振のおそれのあるものに適用する。

Sクラスの施設については、基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  から定める入力地震動を適用する。

B+クラスの施設については、基準地震動  $S_s$  から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震力を適用する。さらに共振のおそれのあるものについては、弾性設計用地震動  $S_d$  から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震力を適用する。あわせて、固有周期が0.1s~0.3sのものは2022年3月16日の福島県沖地震の地震波を考慮した設計用床応答曲線若しくは時刻歴応答波を用いる。

Bクラスの施設のうち共振のおそれのあるものについては、弾性設計用地震動  $S_d$  から定める入力地震動の振幅を2分の1にしたものによる地震力を適用する。

動的地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

## 6. 機能維持の基本方針

耐震設計における安全機能維持は、施設の耐震クラスに応じた地震動に対して、施設の構造強度の確保を基本とする。

耐震安全性が応力の許容限界のみで律することができない施設等、構造強度に加えて、施設の特性に応じた気密性、遮蔽性、支持機能等の維持を必要とする施設については、その機能が維持できる設計とする。



## 7. 波及的影響に対する考慮

施設は、下位クラス施設の波及的影響によって、それぞれその安全機能を損なわない設計とする。

ここで、下位クラス施設とは、上位クラス施設の周辺にある上位クラス施設以外の施設（資機材等含む。）をいう。

施設に対する波及的影響については、以下に示す(1)～(4)の4つの事項から、下位のクラスの施設の損傷、転倒及び落下等によって、廃炉活動、供用期間、設計の進捗状況、内包する液体の放射エネルギー等の要素を考慮した上で、その安全機能に影響がないように検討する。

- (1) 設置地盤及び地震応答性状の相違等に起因する相対変位又は不等沈下による影響
- (2) 耐震重要施設と下位クラス施設との接続部における相互影響
- (3) 建屋内における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響
- (4) 建屋外における下位クラス施設の損傷、転倒及び落下等による耐震重要施設への影響

## 8. 別添

別添-1 大型廃棄物保管庫における耐震クラス及び適用する地震力の設定

別添-2 大型廃棄物保管庫クレーンの耐震性についての計算書

## 大型廃棄物保管庫における耐震クラス及び適用する地震力の設定

大型廃棄物保管庫は、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日及び2023年6月19日一部改訂）に基づき、構築物、系統及び機器安全機能が喪失した場合における公衆への放射線影響を評価した結果、使用済吸着塔に内包する吸着材の漏えいによる実効線量は5mSv/事象を超過すると評価されるが、緩和対策を考慮した現実的な評価及び施設・設備の特徴に応じた評価を踏まえ、耐震クラス及び適用する地震力を設定する。

なお、耐震クラス及び適用する地震力の設定は、「耐震クラス分類と施設等の特徴に応じた地震動の設定及び必要な対策を判断する流れ」に従う。

## 1. 公衆への被ばく影響を考慮した耐震クラス分類の整理

## 1.1 地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響

大型廃棄物保管庫について、地震により全ての安全機能を失った際の公衆への被ばく影響は、表1に示すとおり5mSv/事象を超過するから、耐震クラスは暫定Sクラスとなる。

表1 地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響

使用済吸着塔1体の放射エネルギー*1 [Bq]	評価点*2 [-]	実効線量定数 [ $\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2/\text{MBq}/\text{h}$ ]	敷地境界線量への影響 [mSv/事象]
$1.0\times 10^{15}$	BP78	0.0779	$1.0\times 10^2$

\*1：実施計画Ⅲ章第3編2.2.2添付資料-1「表3 第二セシウム吸着装置吸着塔の線量評価用線源条件」記載のS3線源（Cs-137）より

\*2：大型廃棄物保管庫より最も近い評価点

## 1.2 現実的な緩和対策を考慮した公衆への被ばく影響

被ばく評価期間、放射線防護対策、建屋耐震設計等の現実的な緩和対策を考慮した場合の公衆への被ばく影響は、表2に示すとおり $50\mu\text{Sv}/\text{事象}$ 未満となることから、大型廃棄物保管庫の耐震クラスは表3のとおり整理される。

表2 現実的な緩和対策を考慮した公衆への被ばく影響

評価地点	敷地境界線量への影響 [ $\mu$ Sv/事象]
No. 78	9.2

表3 大型廃棄物保管庫の耐震クラス分類<sup>注1</sup>

機器区分	設備名称	耐震上の安全機能 <sup>*1</sup>	耐震クラス	直接支持構造物	間接支持構造物	波及的影響を考慮すべき施設
				( ) 内は耐震クラス, 【 】 内は確認用地震動 <sup>*2</sup> を示す		
	(使用済吸着塔等)	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉じ込め機能(液体, 固体)</li> <li>遮へい機能</li> </ul>	S <sup>注2</sup>	—	建屋(基礎)【S s】	建屋(屋根)【S s】 建屋(壁)【S s】 建屋(柱, 梁)【S s】 クレーン【S s】
大型廃棄物保管庫	建屋(屋根)	・遮へい機能	C	—	—	—
	建屋(壁)					
	建屋(柱, 梁)					
	建屋(基礎(堰))	<ul style="list-style-type: none"> <li>漏えい拡大防止機能</li> <li>使用済吸着塔等の間接支持</li> </ul>	—	—	—	
	クレーン	・(運搬機能)	C	機器の支持構造物(C)	建屋(基礎)【S c】	—
	換気設備	・(換気機能)	C		建屋(柱, 梁)【S c】	—
	非常用ベントロ	・水素の排出機能	C			—
電源・計装設備	・(電源供給機能, 計測機能)	C	—			

\*1: 括弧内は設備の機能を示す。

\*2: 確認用地震動について, S sは基準地震動, S cはCクラスの施設に適用される静的震度を示す。

注)1: 使用済吸着塔保管架台は別途申請予定であるため, 本表には記載しない。

注)2: 既設の使用済吸着塔等はBクラスで認可済

## 2. 施設・設備の特徴に応じた適用する地震力の設定

廃炉活動への影響，上位クラスへの波及的影響，供用期間，設計の進捗状況，内包する液体の放射エネルギー等を考慮した上で，施設・設備の特徴に応じた地震力を設定する。

なお，クレーンに適用する確認用地震動は，表3に示すとおり  $S_s 900$  であるが，表4に示す施設・設備の特徴を考慮すると， $S_s 900$  に対する貯蔵エリア（北）（中）へ貯蔵する使用済吸着塔等への波及的影響は低いため，波及的影響として考慮する確認用地震動は  $S_d 450$  とする。

大型廃棄物保管庫における施設・設備の特徴を表4，適用する地震力を表5に示す。

表4 大型廃棄物保管庫における施設・設備の特徴

項目	大型廃棄物保管庫の状況	備考
廃炉活動への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>屋外の一時的保管施設で保管している使用済吸着塔等を屋内保管することで，周辺環境への汚染拡大防止，放射線影響軽減を図り，長期間，安定に保管すること目的として設置する建屋である</li> <li>現状，第二／第三セシウム吸着塔の保管用架台は，第一／第四施設に十分数が確保できているため，使用済吸着塔等の保管容量の逼迫リスクは低い（最大の発生量を考慮しても4年程度は屋外保管可能）が，大型廃棄物保管庫の運用開始が大幅に遅延した場合は影響あり</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型廃棄物保管庫を新設する場合，屋外保管の逼迫リスクが高まる。一方，既設の補強を行うことにより工程短縮が可能である</li> </ul>
上位クラスへの波及的影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用済吸着塔等への波及的影響が考えられるため，クレーンについて波及的影響を与えない耐震設計を実施済み</li> </ul>	
供用期間	<ul style="list-style-type: none"> <li>長期間（使用済吸着塔等の最終処分までの間）</li> </ul>	
設計の進捗状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>クレーンは <math>S_d 450</math> を考慮した耐震設計を実施済み</li> </ul>	
内包する液体の放射エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>第二／第三セシウム吸着塔には1基あたり最大 <math>1.65\text{m}^3</math> の内包水があるものと仮定しており，放射能濃度は <math>10^7\text{Bq/L}</math> オーダーである</li> <li>基礎（堰）は，Cクラスの地震力で漏えい拡大防止機能が失われない設計とする</li> <li>基礎スラブは，<math>S_s 900</math> で使用済吸着塔等の間接支持機能が失われない設計とする</li> <li>週1回のパトロールで使用済吸着塔等からの漏えいがないことを確認し，漏えいが確認された場合はふき取り等の対応を速やかに実施する</li> </ul>	
施設・設備の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>S_s 900</math> にてクレーンが使用済吸着塔等へ波及的影響を及ぼさないことを確認するまでは，貯蔵エリア（南）は使用しない</li> <li>使用済吸着塔等の格納作業でクレーンが動作する時間は，施設運用期間に比べ極めて短い</li> <li>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</li> <li>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</li> <li>使用済吸着塔等を保管した後は，原則としてクレーンが通常停止位置（ホームポジション）から移動することはない</li> </ul>	

表5 大型廃棄物保管庫に適用する地震力<sup>注1</sup>

機器区分	設備名称	耐震クラス	耐震上の具体的な要求事項	静的地震力		動的地震力 <sup>※</sup>	
				弾性範囲	機能維持	弾性範囲	波及的影響
(使用済吸着塔等)		S <sup>注2</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S s 9 0 0 で使用済吸着塔等が損傷せず、遮へい機能が失われないこと</li> </ul>	水平：3. 6 C i 鉛直：1. 2 C v	S s 9 0 0	S d 4 5 0	—
大型廃棄物保管庫	建屋（屋根）	C (S s：波及的影響)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cクラスの地震力で遮へい機能が失われないこと</li> <li>S s 9 0 0 で倒壊等により、使用済吸着塔等を破損させないこと</li> </ul>	水平：1. 0 C i 鉛直：—	—	—	S s 9 0 0
	建屋（壁）		—				
	建屋（柱，梁）		—				
	建屋（基礎（堰））	C (S s：間接支持)	<ul style="list-style-type: none"> <li>基礎（堰）は、Cクラスの地震力で漏えい拡大防止機能が失われないこと</li> <li>基礎スラブは、S s 9 0 0 で使用済吸着塔等の間接支持機能が失われないこと</li> </ul>	—	S s 9 0 0	—	
	クレーン	C (S d：波及的影響)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cクラスの地震力で運搬機能が失われないこと</li> <li>S d 4 5 0 で倒壊等により、使用済吸着塔等を破損させないこと</li> </ul>	水平：1. 2 C i 鉛直：—	—	—	S d 4 5 0
	換気設備	C	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cクラスの地震力で換気機能が失われないこと</li> </ul>	水平：1. 2 C i 鉛直：—	—	—	—
	非常用ベントロ		<ul style="list-style-type: none"> <li>Cクラスの地震力で水素の排出機能が失われないこと</li> </ul>				
電源・計装設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cクラスの地震力で電源供給機能，計測機能が失われないこと</li> </ul>						

※ 地震力の算定に際しては、水平2方向及び鉛直1方向の適切な組合せを行う。

注)1：使用済吸着塔保管架台は別途申請予定であるため、本表には記載しない。

注)2：既設の使用済吸着塔等はBクラスで認可済

別添-2

大型廃棄物保管庫クレーンの  
耐震性についての計算書

## 目 次

1. 概要	II-2-45-添 12-12
2. 一般事項	II-2-45-添 12-12
2.1 配置概要	II-2-45-添 12-12
2.2 構造計画	II-2-45-添 12-13
2.3 評価方針	II-2-45-添 12-17
2.4 適用規格・基準等	II-2-45-添 12-18
2.5 評価に適用する確認用地震動	II-2-45-添 12-18
2.6 計算精度と数値の丸め方	II-2-45-添 12-18
3. 評価部位	II-2-45-添 12-19
4. 地震応答解析及び構造強度評価	II-2-45-添 12-19
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	II-2-45-添 12-19
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	II-2-45-添 12-20
4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	II-2-45-添 12-20
4.2.2 許容応力	II-2-45-添 12-20
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	II-2-45-添 12-22
4.3 解析モデル及び諸元	II-2-45-添 12-23
4.4 固有周期	II-2-45-添 12-26
4.5 設計用地震力	II-2-45-添 12-44
4.6 応力の評価	II-2-45-添 12-51
4.6.1 クレーン本体の応力評価	II-2-45-添 12-51
4.6.2 連結ボルトの応力評価	II-2-45-添 12-51
4.6.3 走行／横行浮上り防止治具の応力評価	II-2-45-添 12-52
4.6.3.1 走行／横行浮上り防止爪の応力評価	II-2-45-添 12-52
4.6.3.2 走行／横行浮上り防止爪取付ボルトの応力評価	II-2-45-添 12-52
4.6.4 走行レール取付部材の応力評価	II-2-45-添 12-52
4.6.4.1 走行レールクリップの応力評価	II-2-45-添 12-52
4.6.4.2 走行レール基礎ボルトの応力評価	II-2-45-添 12-52
4.6.5 ワイヤロープ及びフックの評価	II-2-45-添 12-53
4.6.6 応力の評価方法	II-2-45-添 12-53
5. 評価結果	II-2-45-添 12-54
6. 応力の計算方法	II-2-45-添 12-55
6.1 クレーン本体の応力	II-2-45-添 12-55
6.2 連結ボルトの応力	II-2-45-添 12-57
6.3 走行浮上り防止治具の応力	II-2-45-添 12-60

6.4	横行浮上り防止治具の応力	.....	II-2-45-添 12-65
6.5	走行レール取付部材の応力	.....	II-2-45-添 12-68
6.6	吊具の荷重計算方法	.....	II-2-45-添 12-70



## 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日及び2023年6月19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Sd450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。

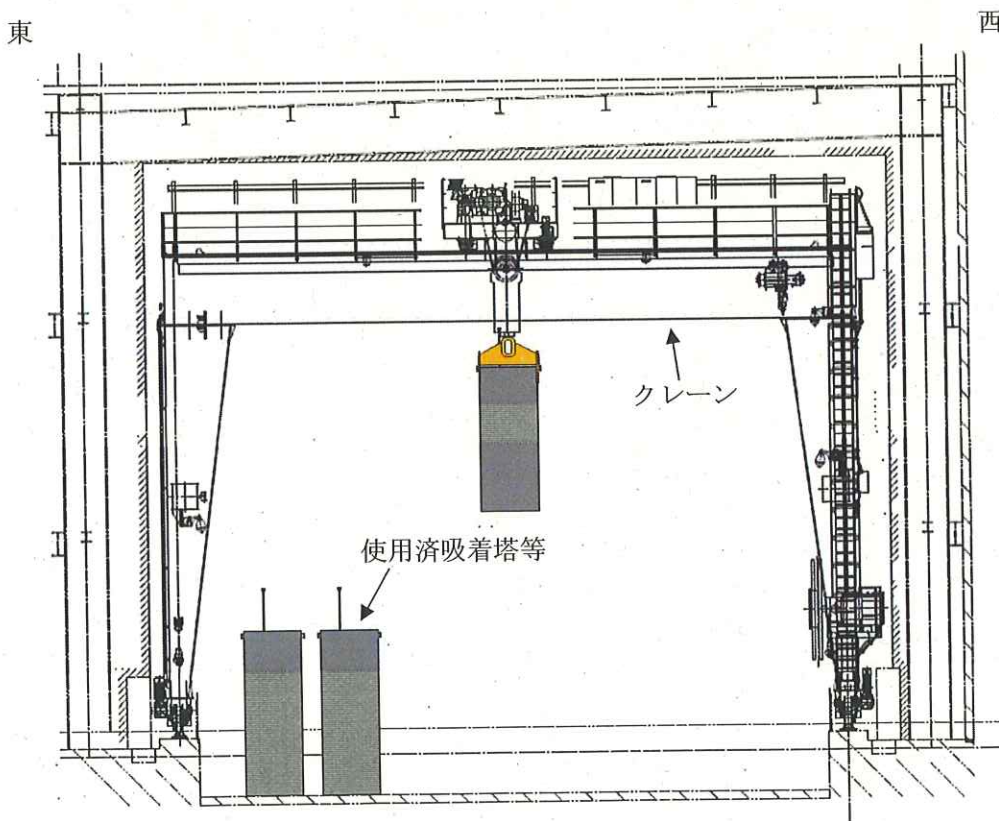


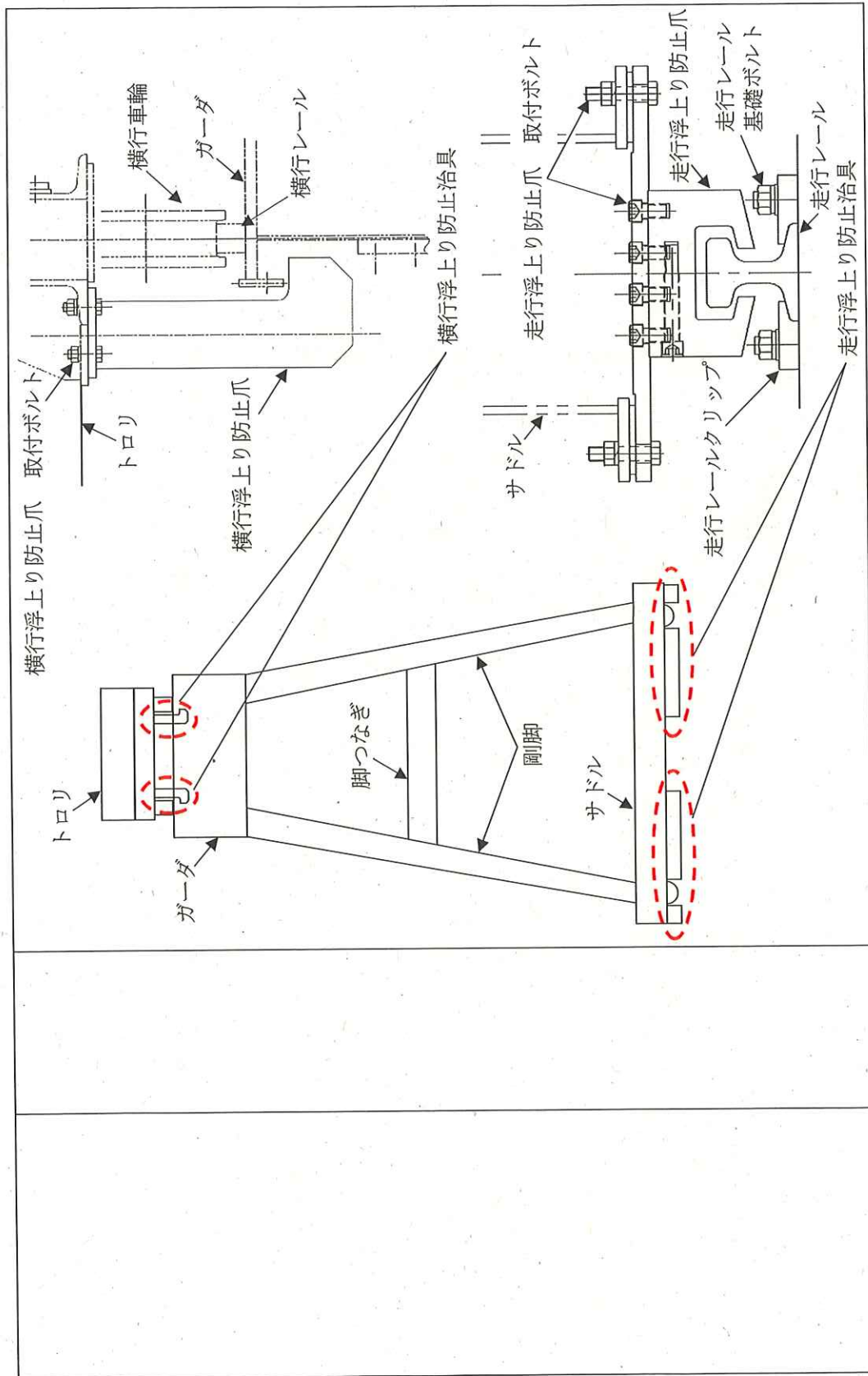
図2-1 クレーンと使用済吸着塔等の位置関係図

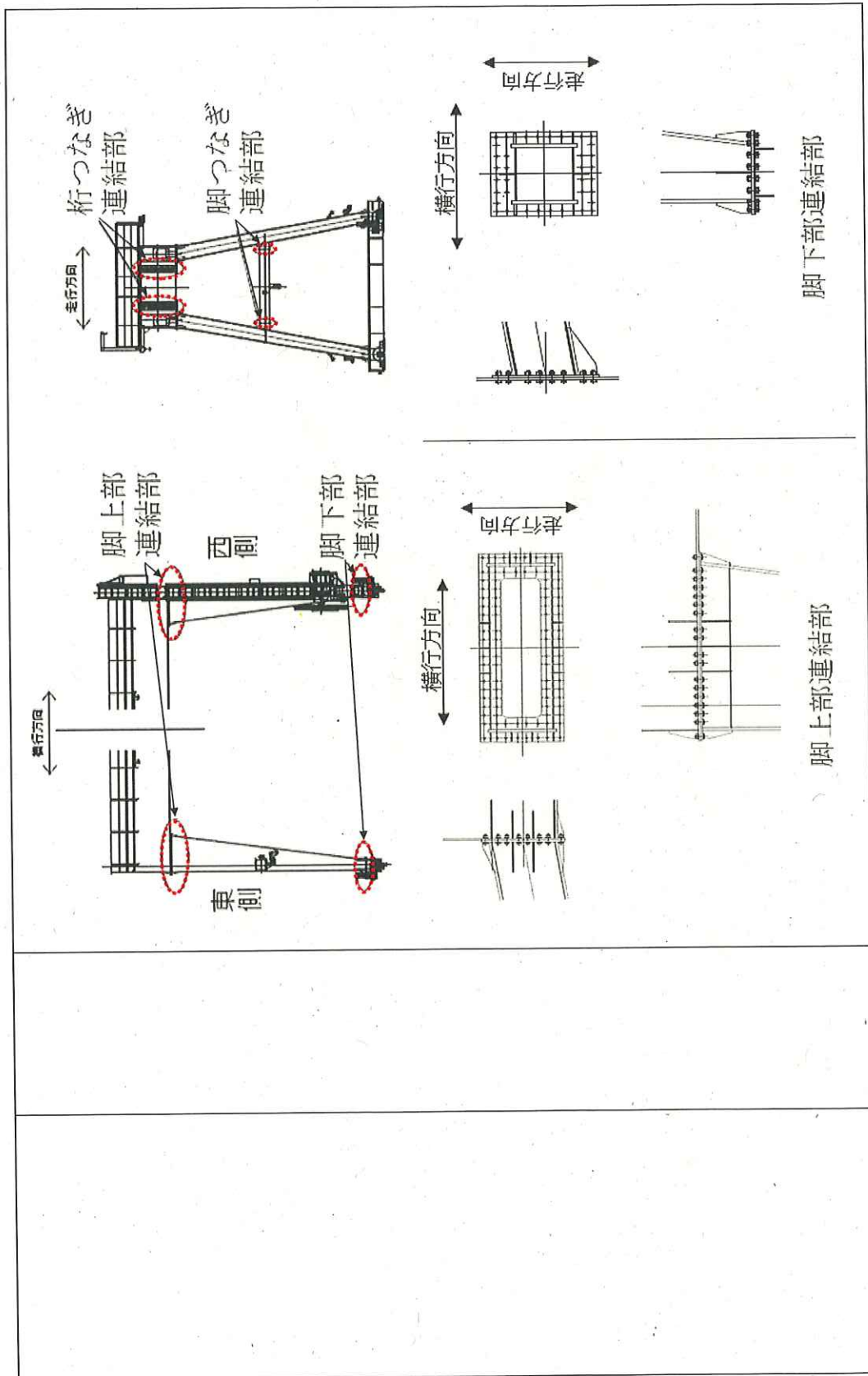
2.2 構造計画

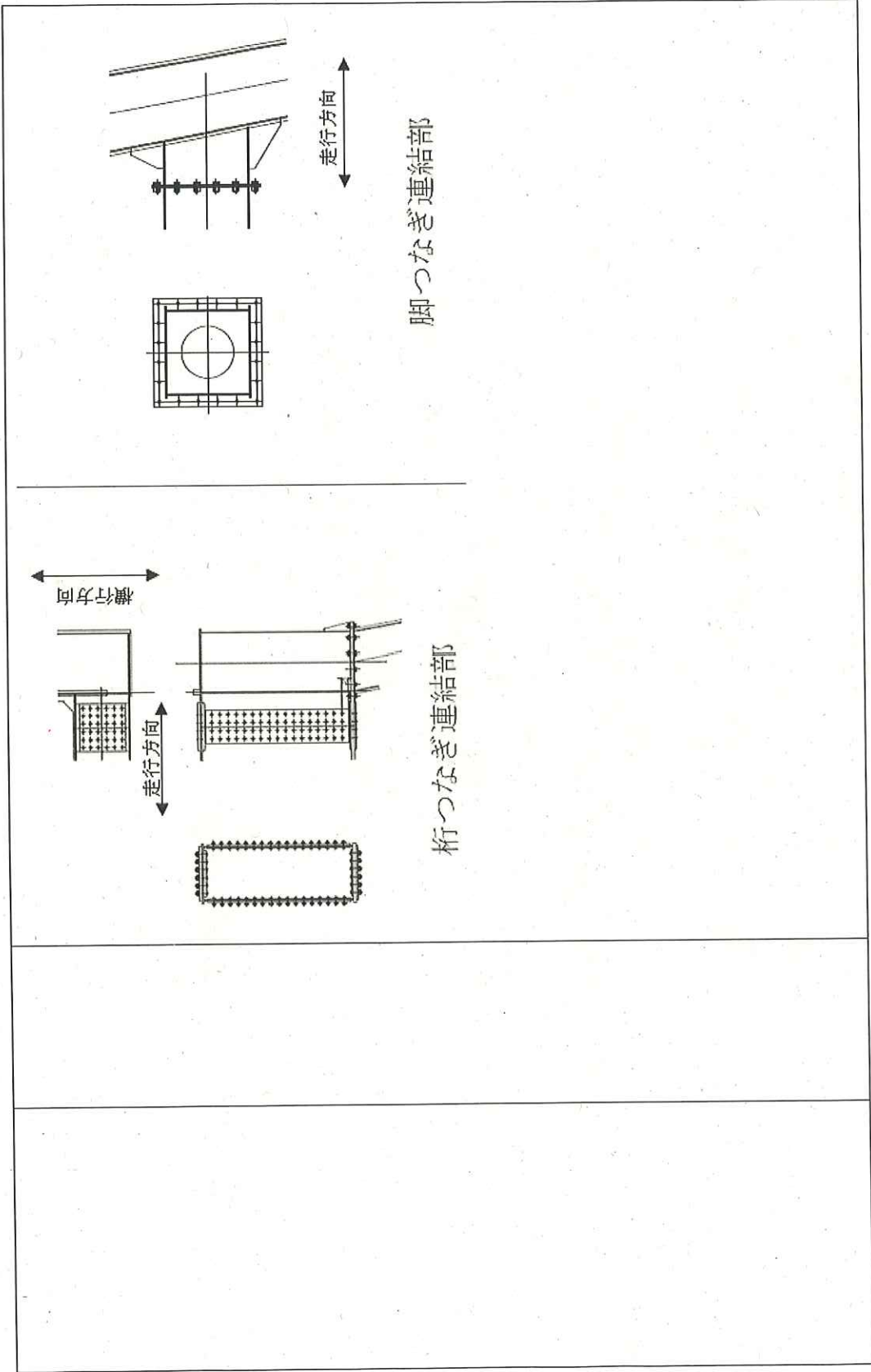
クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

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 剛脚 桁つなぎ 脚つなぎ	<p>(単位：mm)</p>









### 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 4 5 0 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で実施する。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。

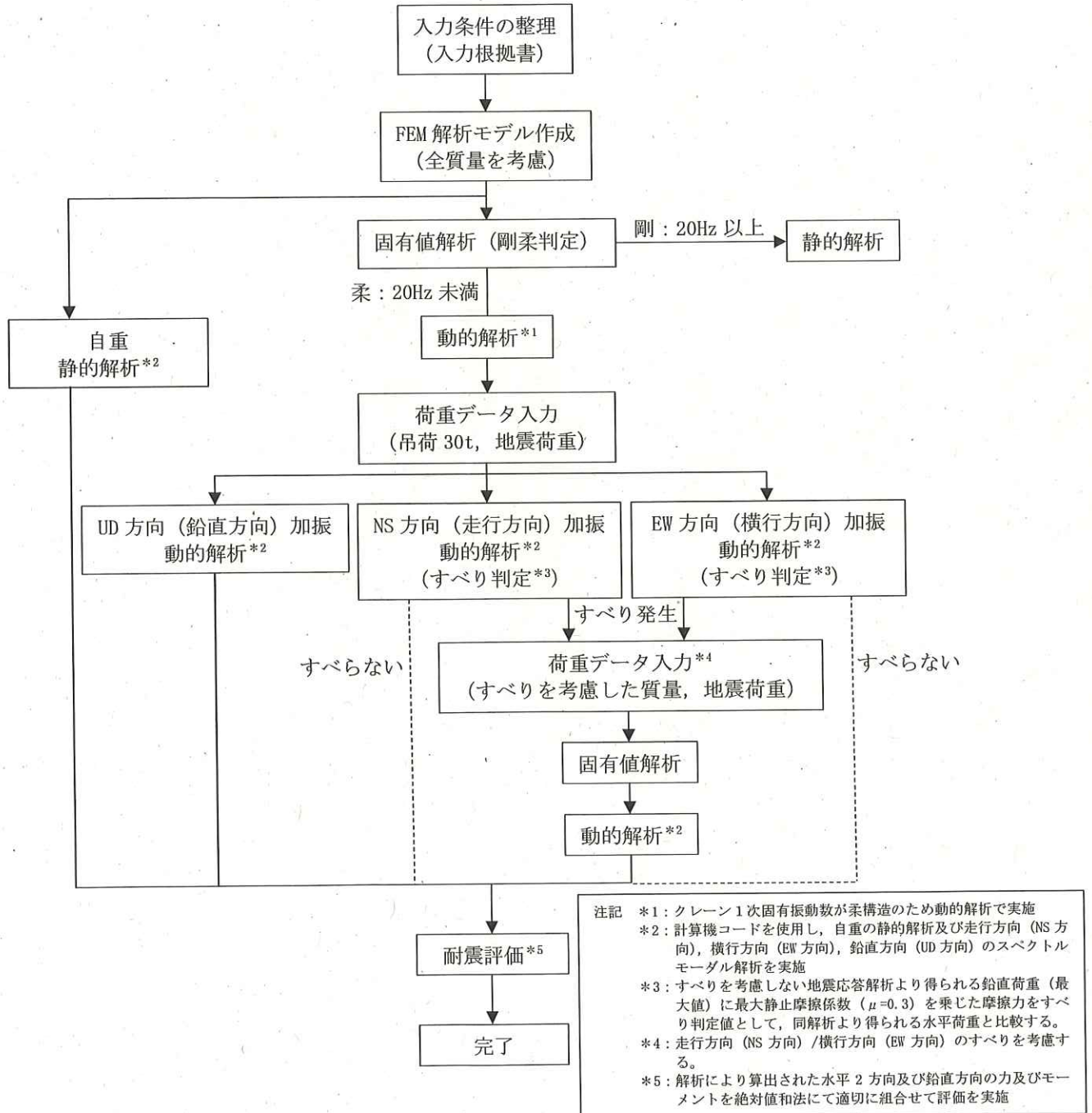


図 2-2 クレーンの耐震評価フロー

## 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) (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)
- ・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日及び2023年6月19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 9 0 0となるが、以下の施設・設備の特徴を考慮すると、S s 9 0 0に対する使用済吸着塔等への波及的影響は低いため、確認用地震動はS d 4 5 0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*1
長さ	mm	—	—	整数位*1
面積	mm <sup>2</sup>	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁目*2
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*2
モーメント	N・mm	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁目*2
力	N	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁目*2
縦弾性係数	MPa	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁目*2
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*3

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、吊具（ワイヤロープ及びフック）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。
- (2) 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個は駆動輪であり、他の2個は従動輪である。  
駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震の加速度を車輪部に入れると回転部分は追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加えられた場合、すべりを生じる。  
従動輪は回転部分が連結されていないため、駆動輪のみで水平力を受ける。
- (3) 最大静止摩擦力以上の力が加われば、車輪－レール間ですべりが発生する。最大静止摩擦係数を $\mu=0.3$ とすると、すべりが発生する水平荷重（すべり判定値）は、クレーン及びトロリの車輪の数と駆動輪の関係から以下に示す式から求められる。

$$\text{鉛直方向荷重} \times \mu \times \frac{2}{4} = \text{鉛直方向荷重} \times 0.15$$

ただし、本解析においては保守的に4個の車輪で摩擦を受けることとし、すべり判定値は以下の通りとした。

$$\text{鉛直方向荷重} \times \mu \times \frac{4}{4} = \text{鉛直方向荷重} \times 0.3$$

- (4) 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。今回の評価においては、すべり判定の結果、すべることが確認されていることから、すべりを考慮した解析モデルにて地震応答解析を行う。
- (5) 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, 吊具 (ワイヤロープ及びフック)					
評価ケース No.		1	2	3	4	5	6
トロリ 位置	中央	●			○		
	東側		●			○	
	西側			●			○

● : 吊荷有 ○ : 吊荷無

- (6) 地震応答解析手法は、スペクトルモーダル解析及び静的解析を用いるものとし、3方向 (NS, EW, UD) それぞれの解析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絶対値和法にて組合せ、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)	$D + P_D + M_D + S_d$	D s

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
D 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。

【記号の説明】

- ft\* : 支持構造物 (ボルト等を除く) に対して設計・建設規格 SSB3121.1, ボルト材に対しては設計・建設規格 SSB-3131により規定される Sy を 1.2Sy と読み替えて求めた許容引張応力
- fc\* : 支持構造物 (ボルト等を除く) に対して設計・建設規格 SSB3121.1 により規定される Sy を 1.2Sy と読み替えて求めた許容圧縮応力
- fb\* : 支持構造物 (ボルト等を除く) に対して設計・建設規格 SSB3121.1 により規定される Sy を 1.2Sy と読み替えて求めた許容曲げ応力
- fs\* : 支持構造物 (ボルト等を除く) に対して設計・建設規格 SSB3121.1, ボルト材に対しては設計・建設規格 SSB-3131により規定される Sy を 1.2Sy と読み替えて求めた許容せん断応力

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	周囲環境温度 (°C)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	min(1.2S <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			

注記 \*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			1.471 × 10 <sup>6</sup>
フック	S35C	54			1.471 × 10 <sup>6</sup>

注記 \*1: ワイヤロープの安全率はクレーン構造規格による。

\*2: フックの安全率はクレーン等安全規則による。



#### 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、以下の通りすべりを考慮した荷重を算定する。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。今回の評価においては、すべり判定の結果、すべることが確認されていることから、すべりを考慮した解析モデルにて地震応答解析を行う。
- (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) 解析モデルを強制運動加振させるに当たり、大質量法を用いるものとし、モデル化している構造の全体質量に対して十分大きな質量（大質量 M）を仮想的に定義し、加振部位である走行駆動輪及び走行従動輪へ剛体結合する。
- (7) 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。
- (8) 解析コードは、「NASTRAN」を使用し、固有値及び荷重を求める。

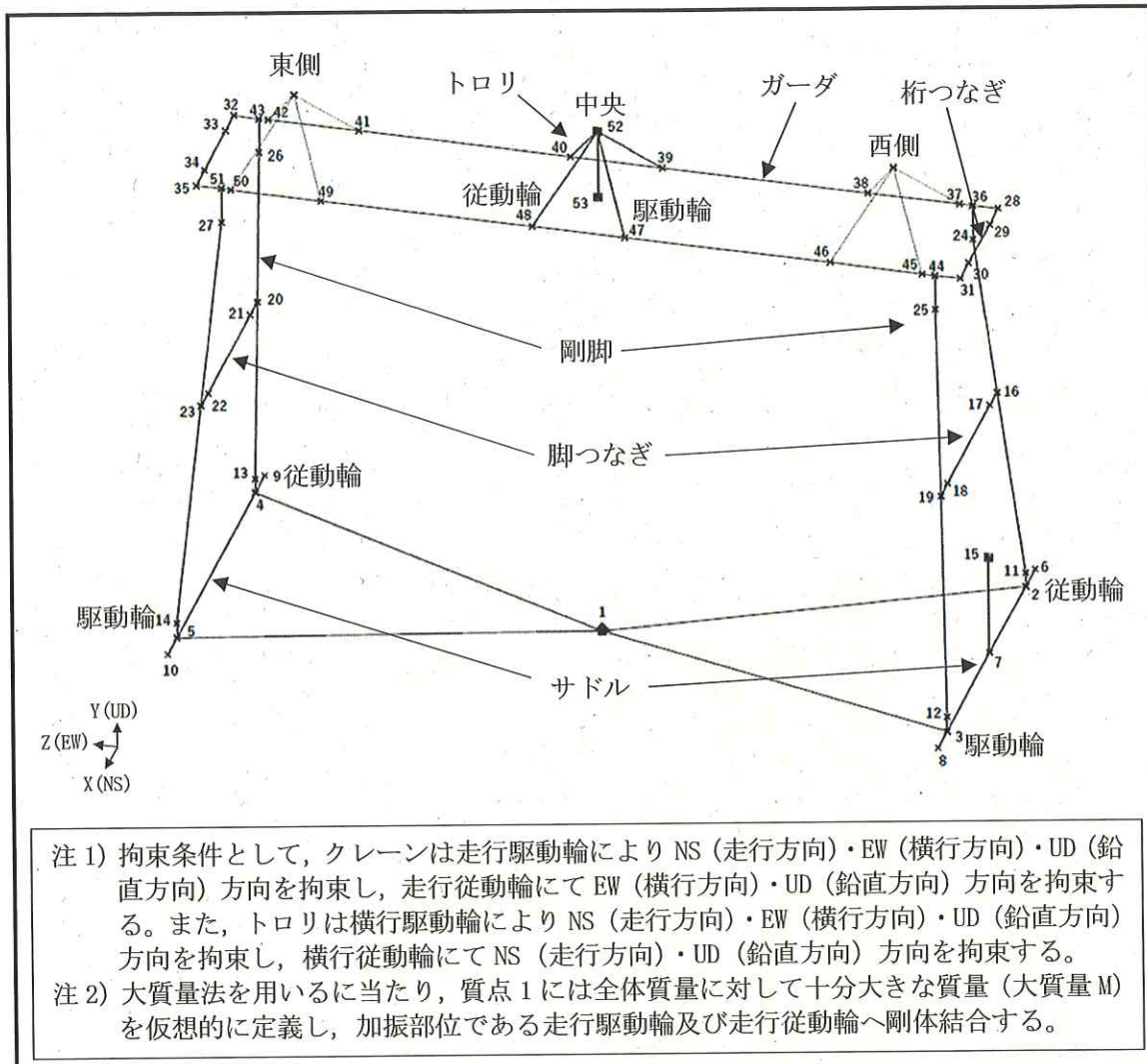


図 4-1 クレーン解析モデル図

表 4-5 機器諸元 (質量)

クレーン	質量 (t)
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 E (MPa)	断面積 A <sub>1</sub> (mm <sup>2</sup> )	せん断面積			断面係数			ねじり断面係数		ポアソン比 ν (-)
			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											
桁つなぎ											
脚上部											
脚下部											
脚つなぎ											
サドル											

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。

なお、固有値解析結果及び振動モード図は、評価結果が厳しくなる吊荷有の評価ケース（評価ケース No. 1～3）について記載する。

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。

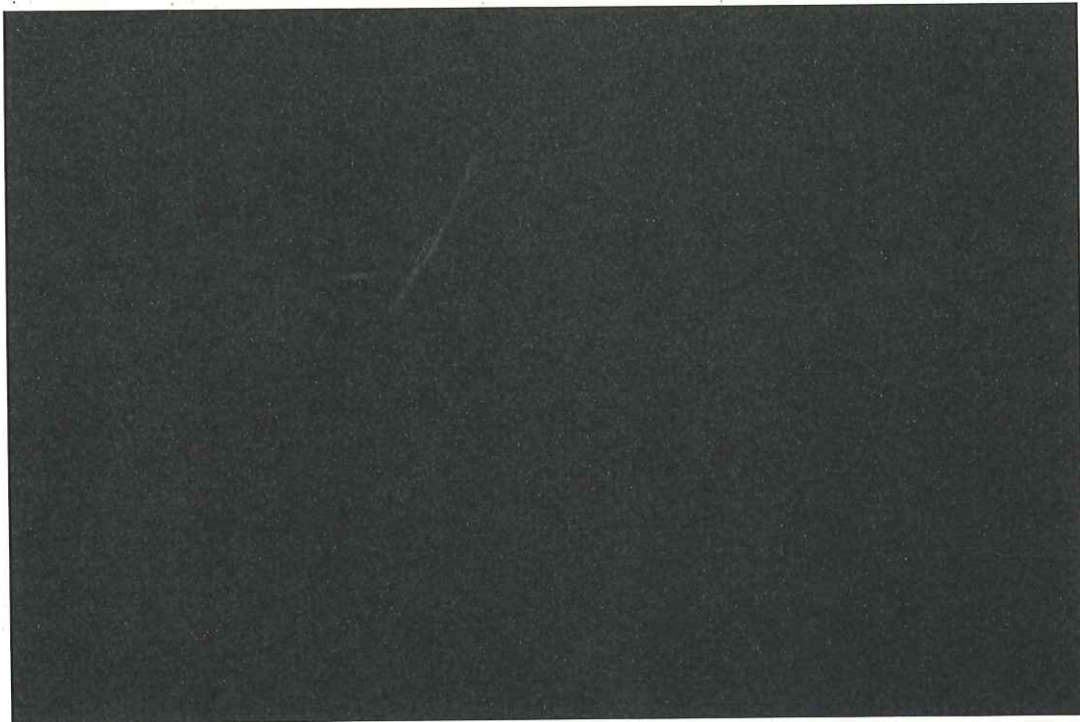


図 4-2(1) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：NS 方向））

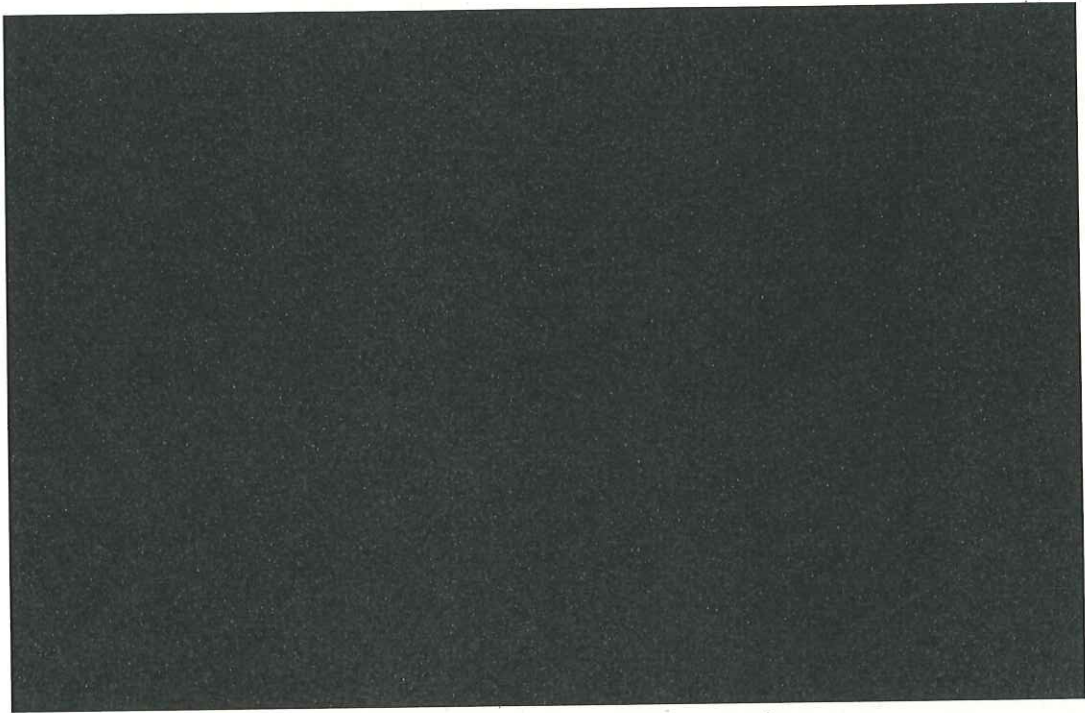


図 4-2(2) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))

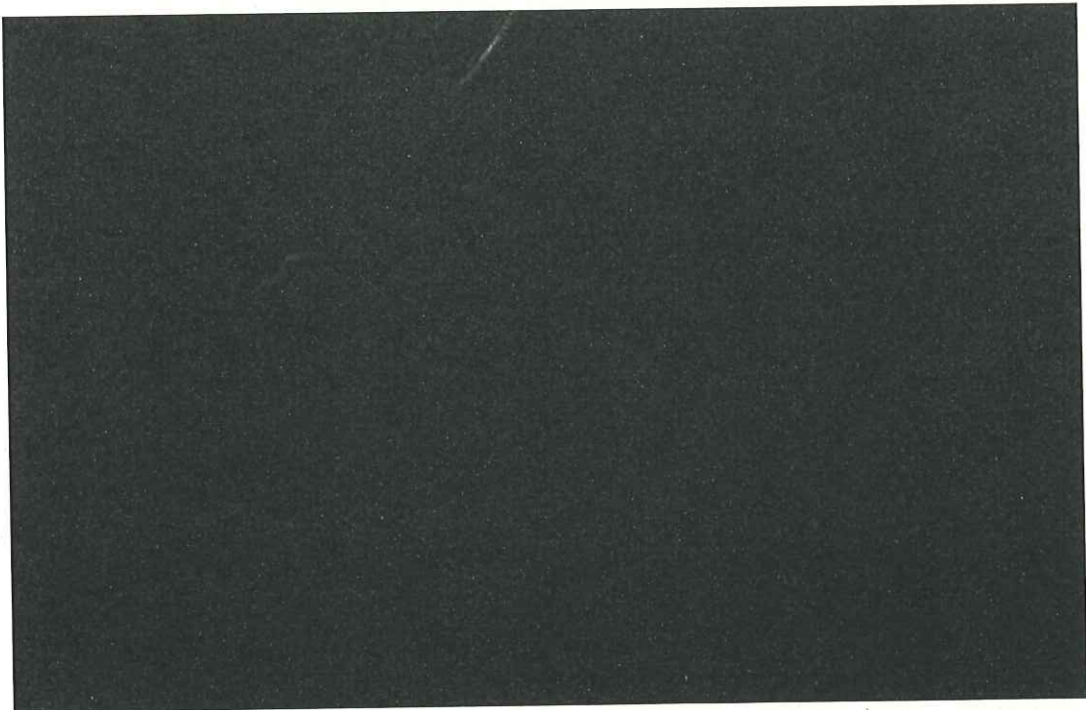


図 4-2(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))



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。

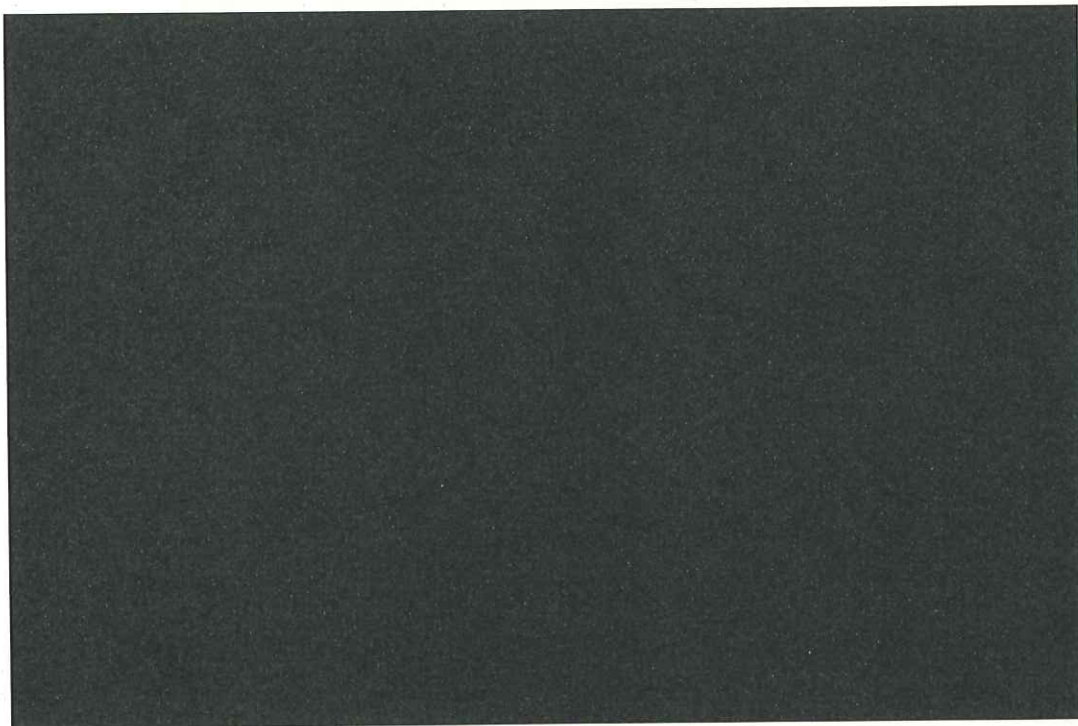


図 4-3(1) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：EW 方向））

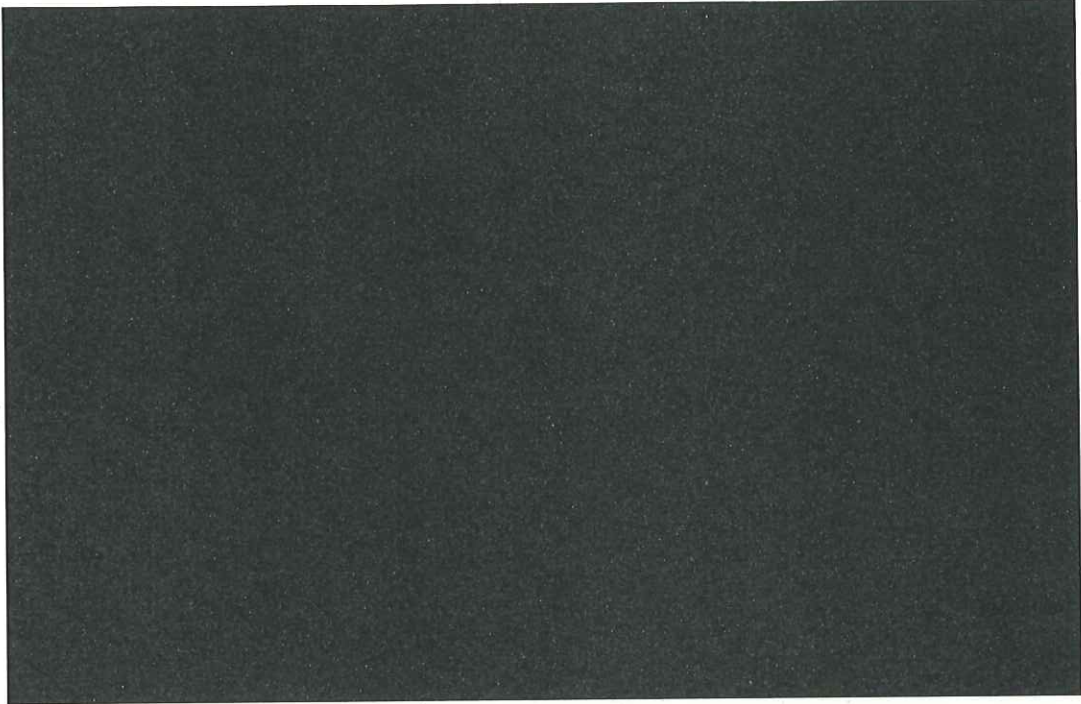


図 4-3(2) 振動モード図 (評価ケース No.1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : EW 方向))

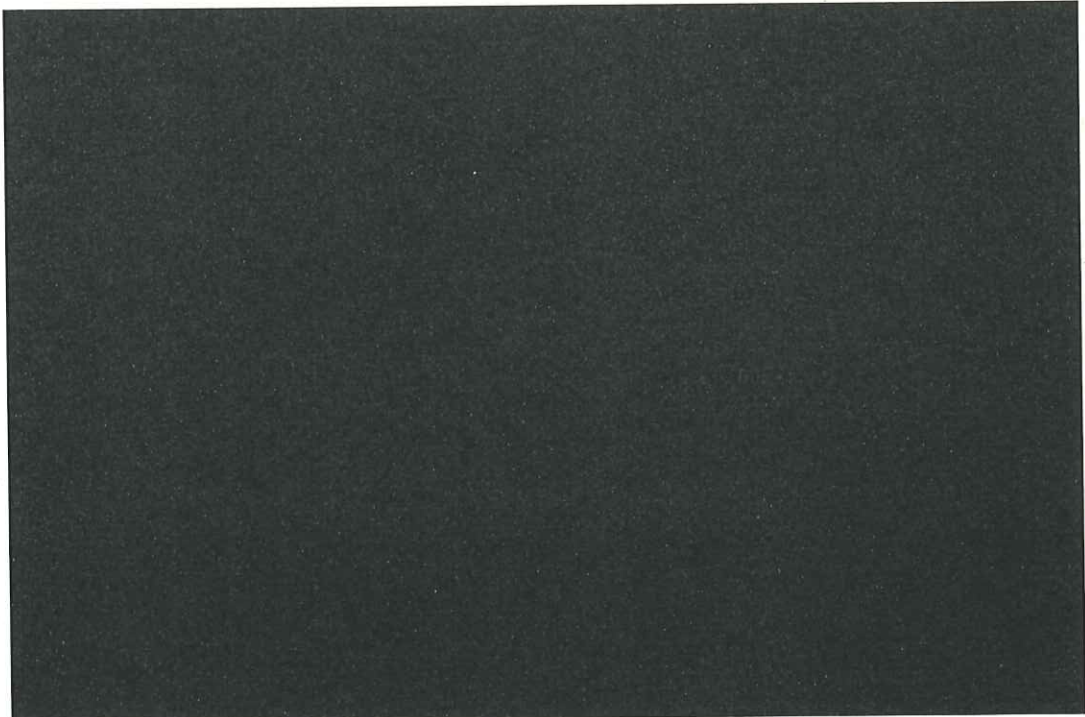


図 4-3(3) 振動モード図 (評価ケース No.1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : EW 方向))

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。

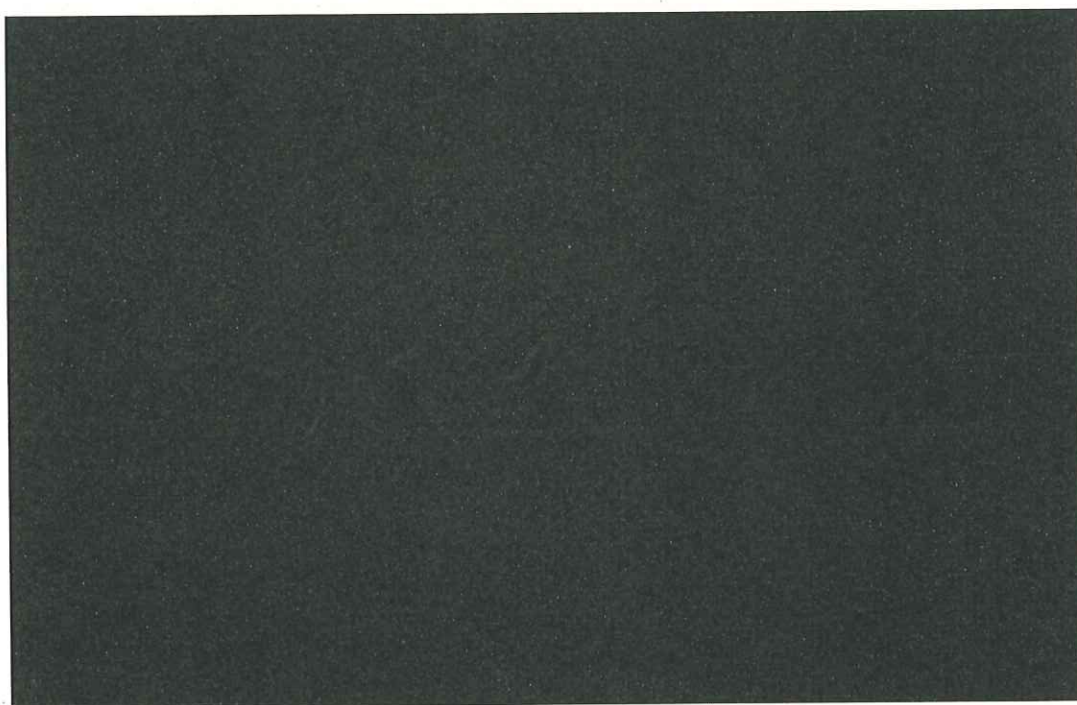


図 4-4(1) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : UD 方向))



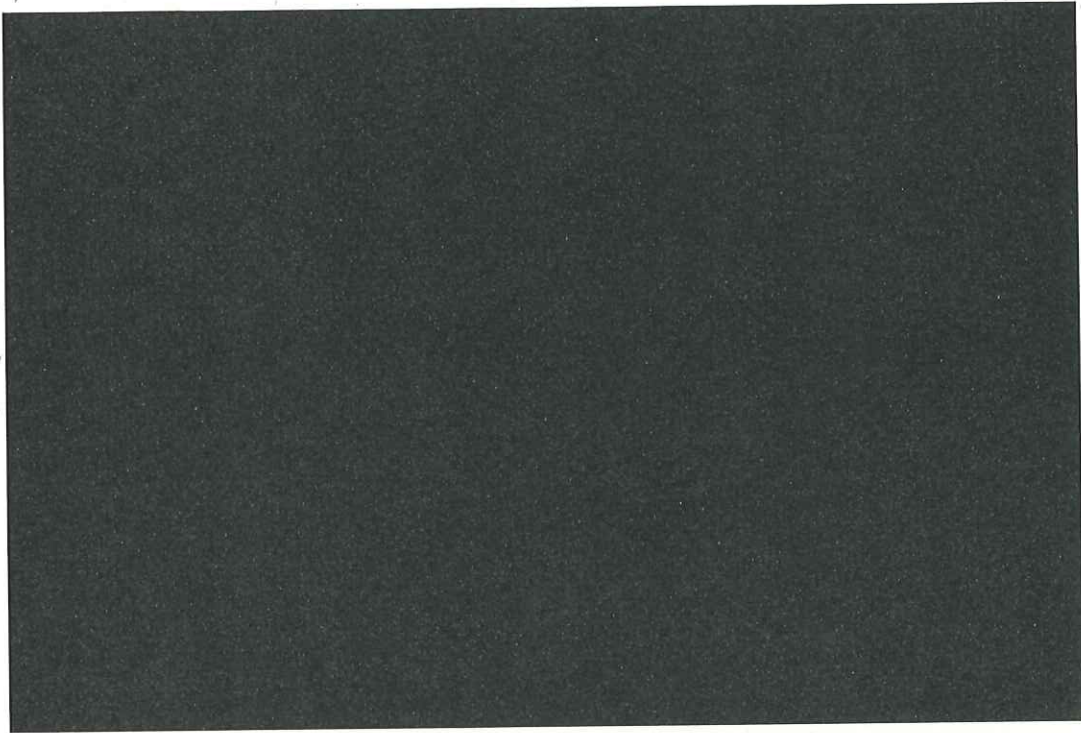


図 4-4(2) 振動モード図 (評価ケース No.1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : UD 方向))

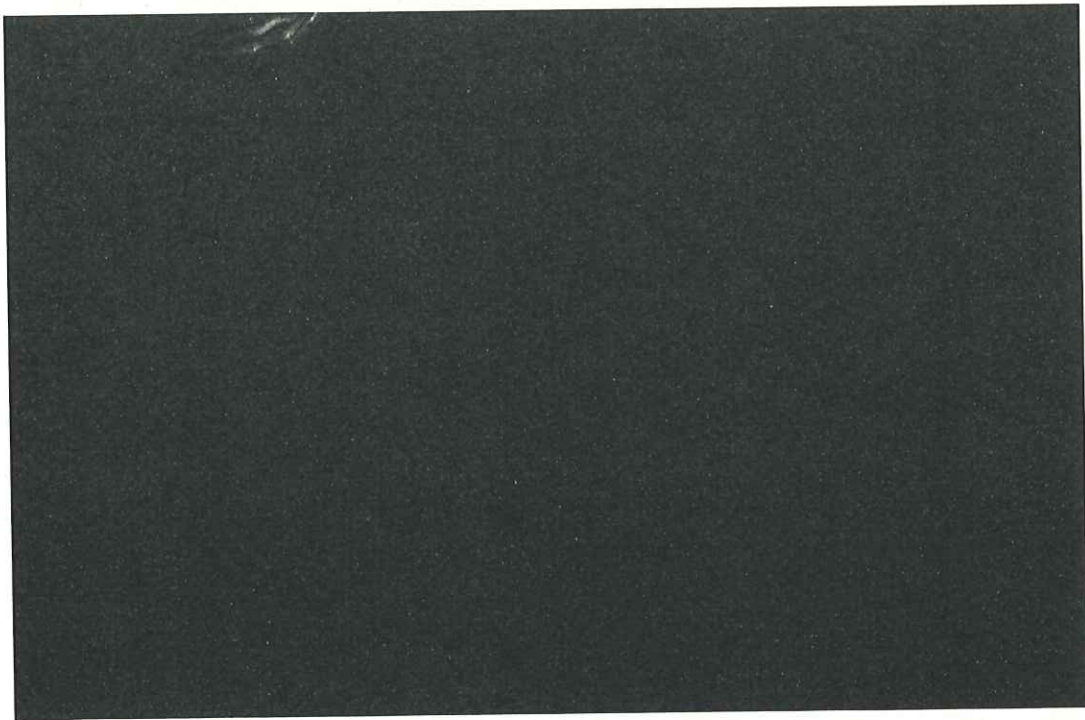


図 4-4(3) 振動モード図 (評価ケース No.1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : UD 方向))

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。

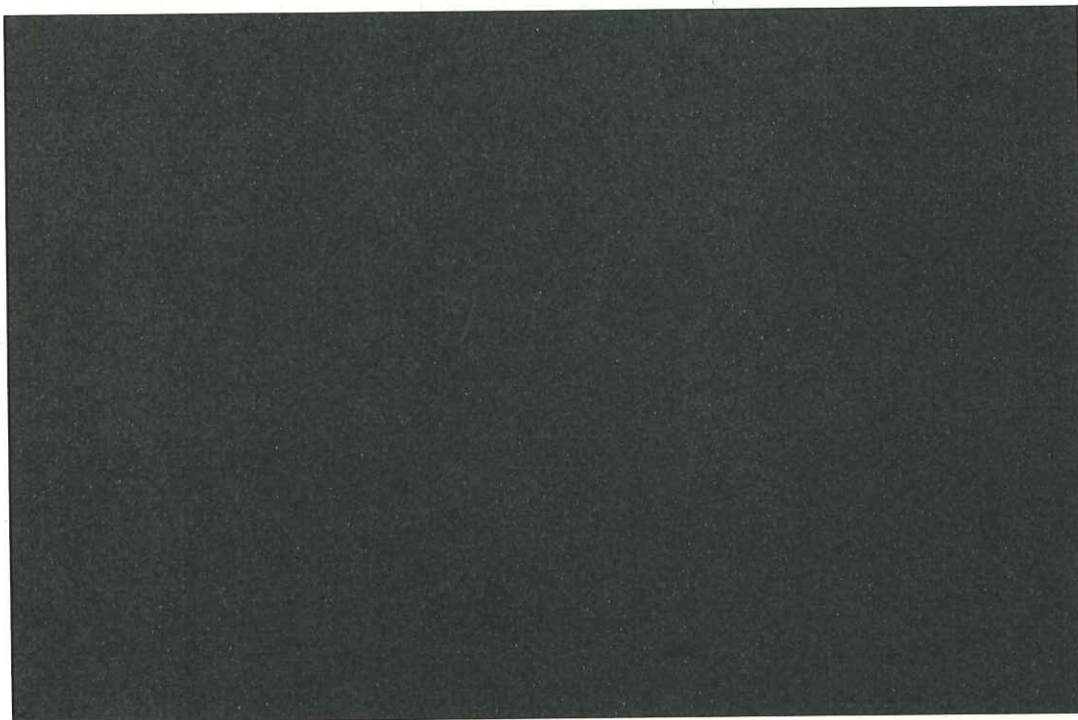


図 4-5(1) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : NS 方向))

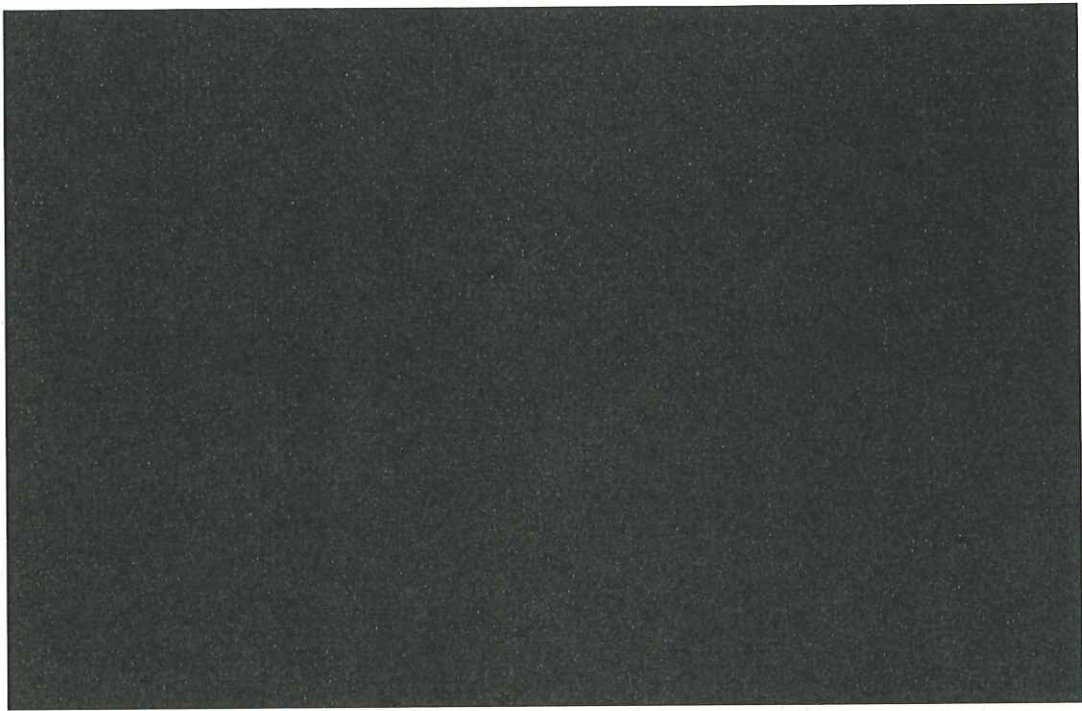


図 4-5(2) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : NS 方向))

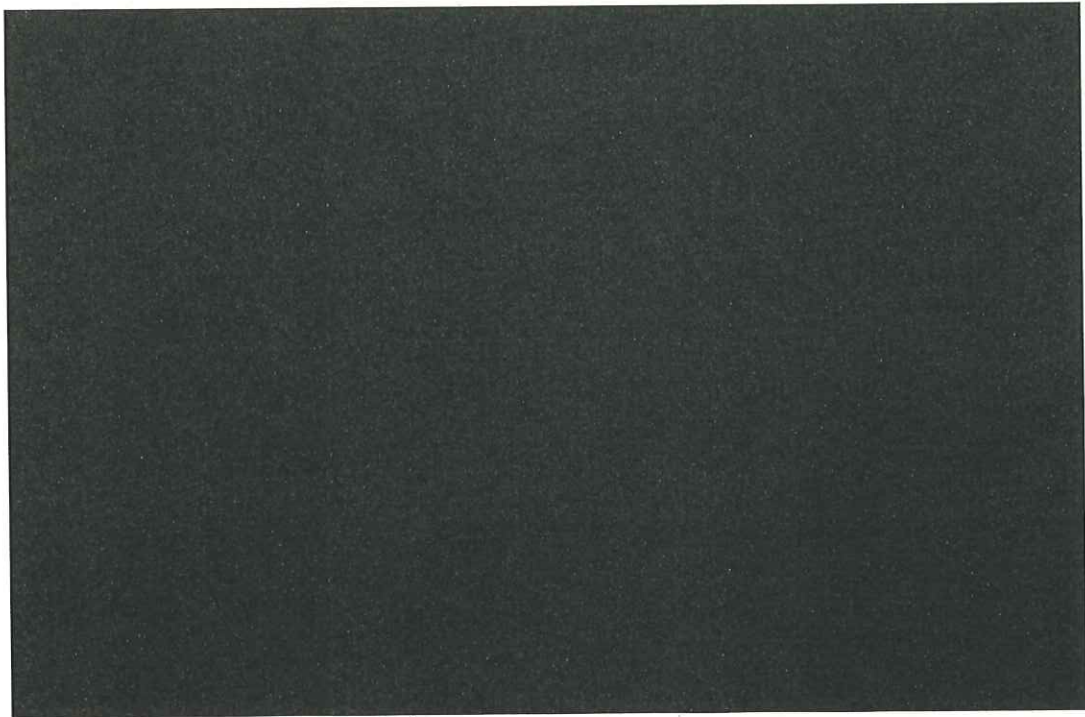


図 4-5(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : NS 方向))



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。

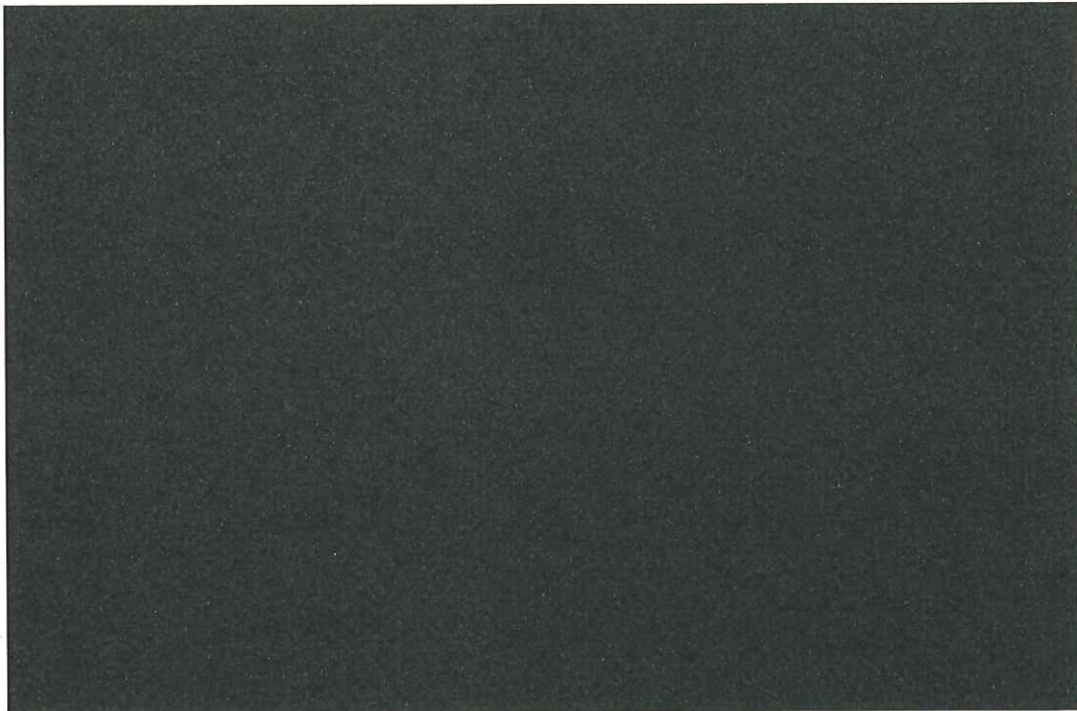


図 4-6(1) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : EW 方向))

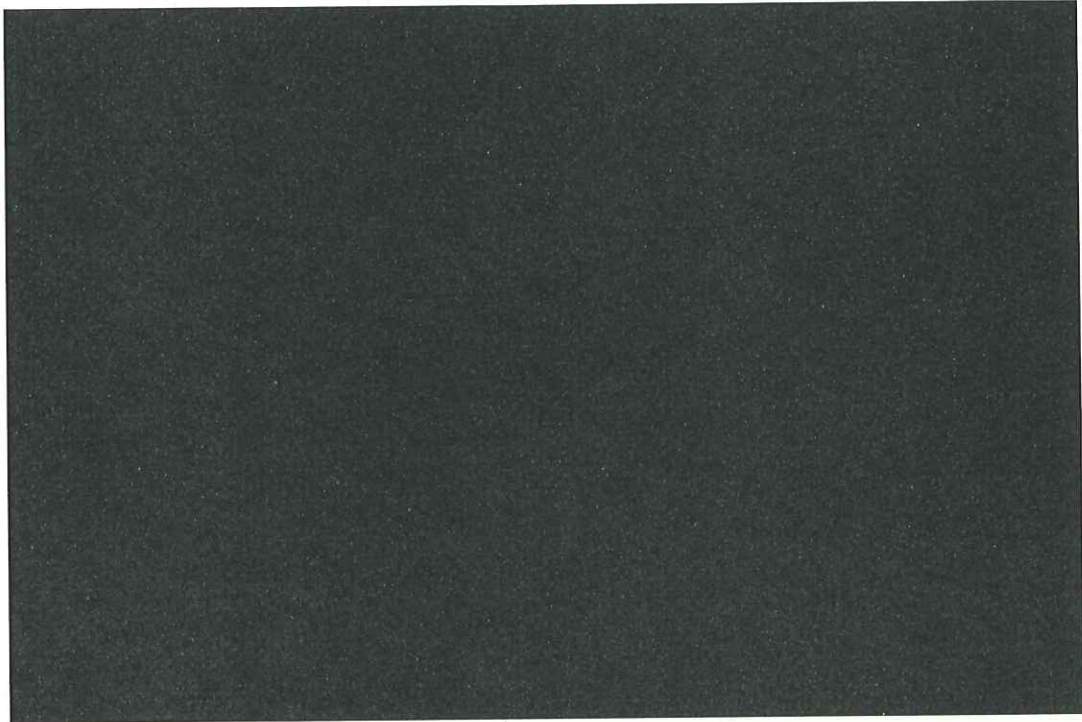


図 4-6(2) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : EW 方向))

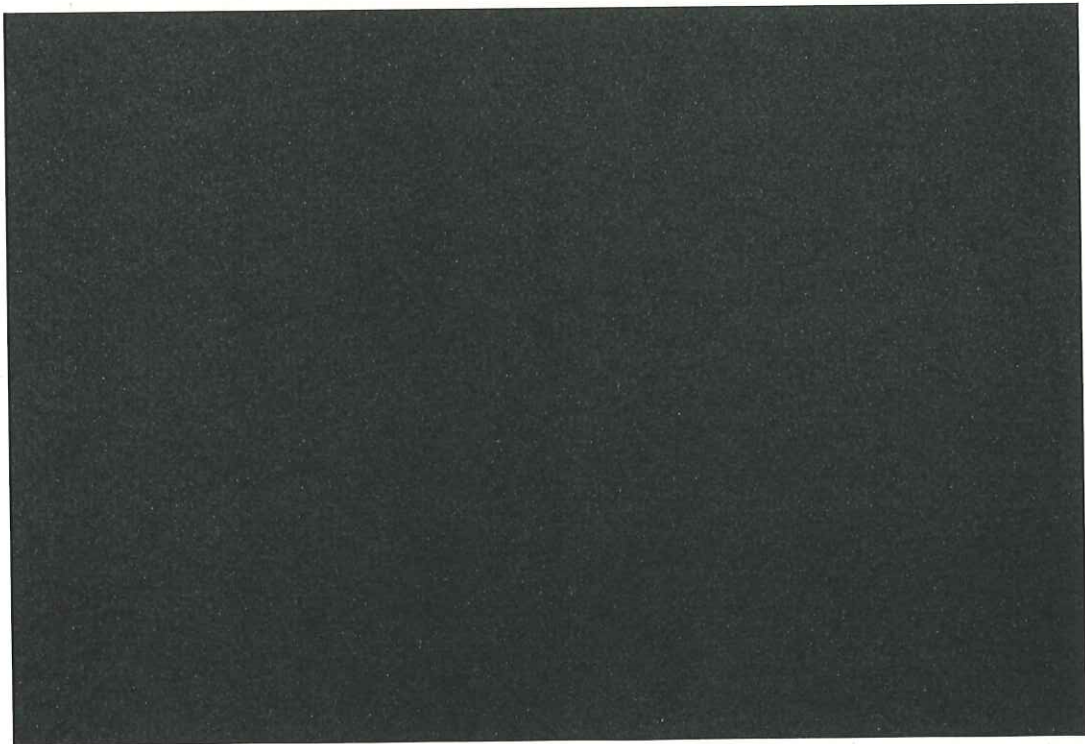


図 4-6(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : EW 方向))



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。

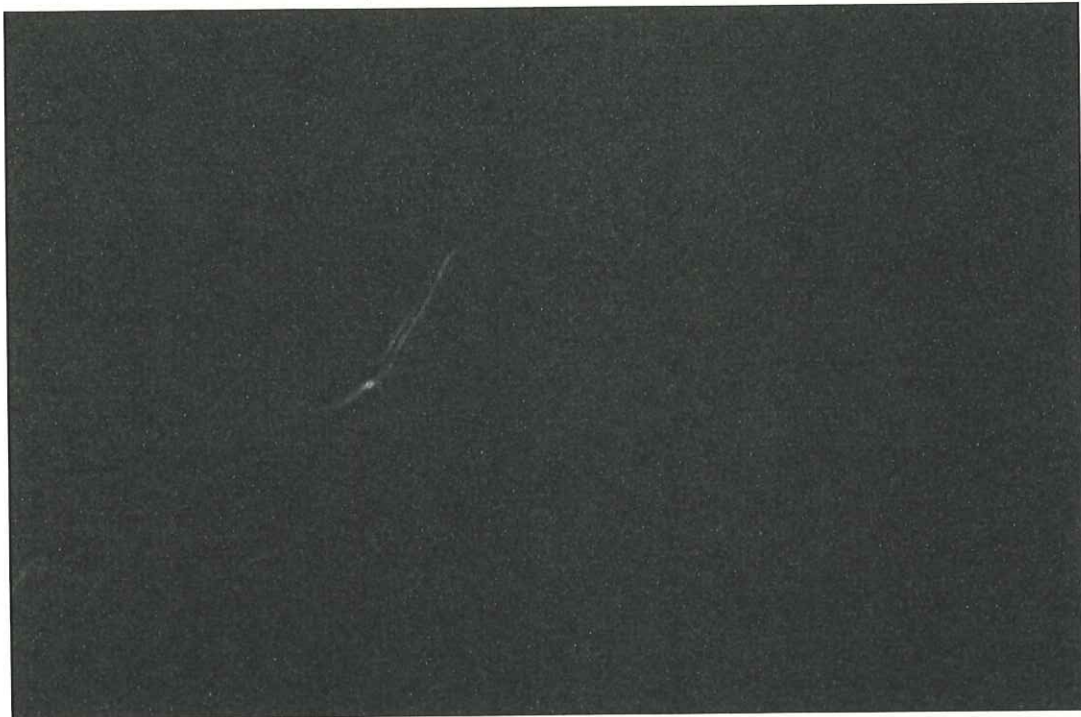


図 4-7(1) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : UD 方向))

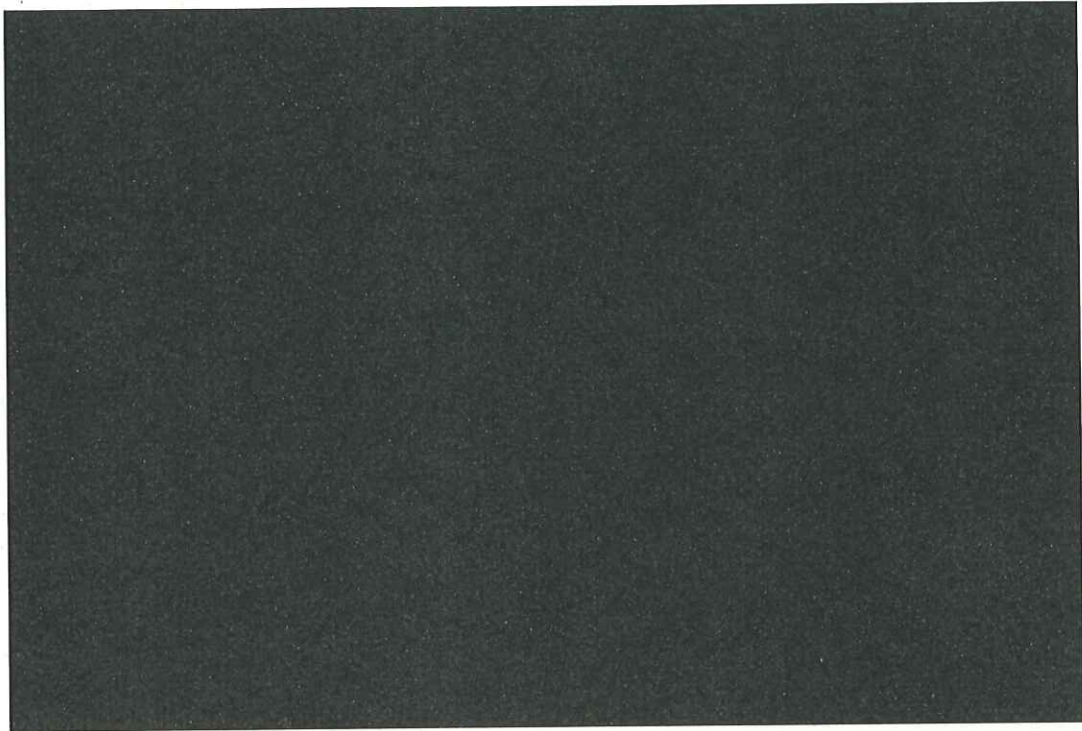


図 4-7(2) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : UD 方向))

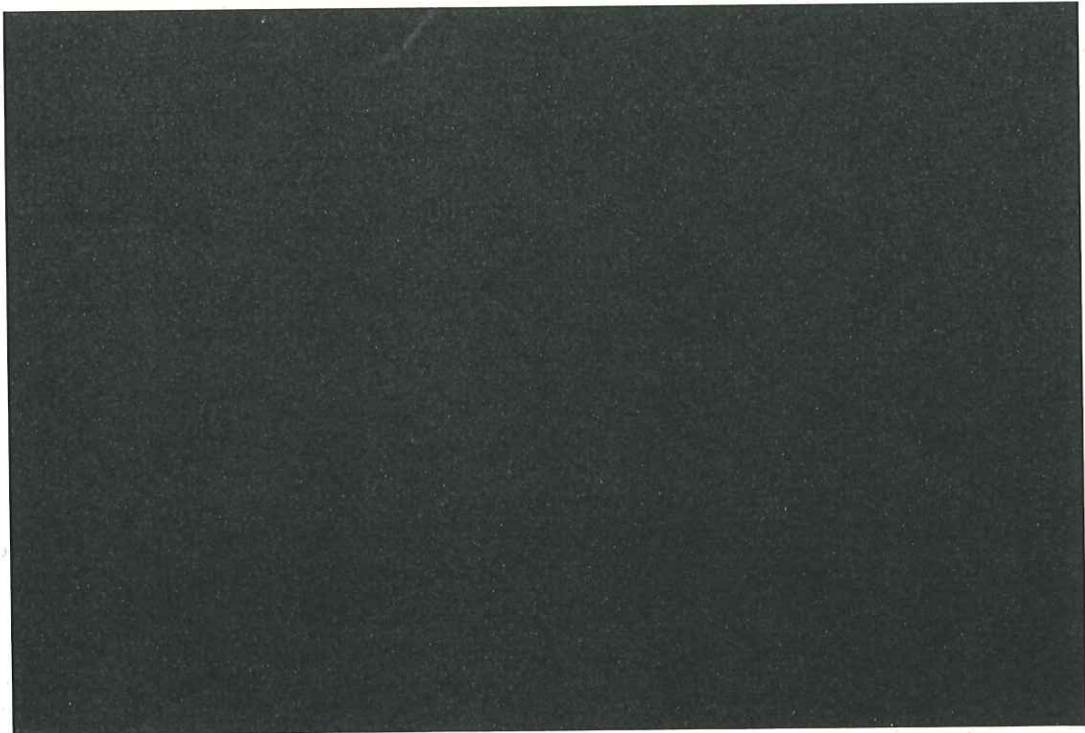


図 4-7(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : UD 方向))

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。

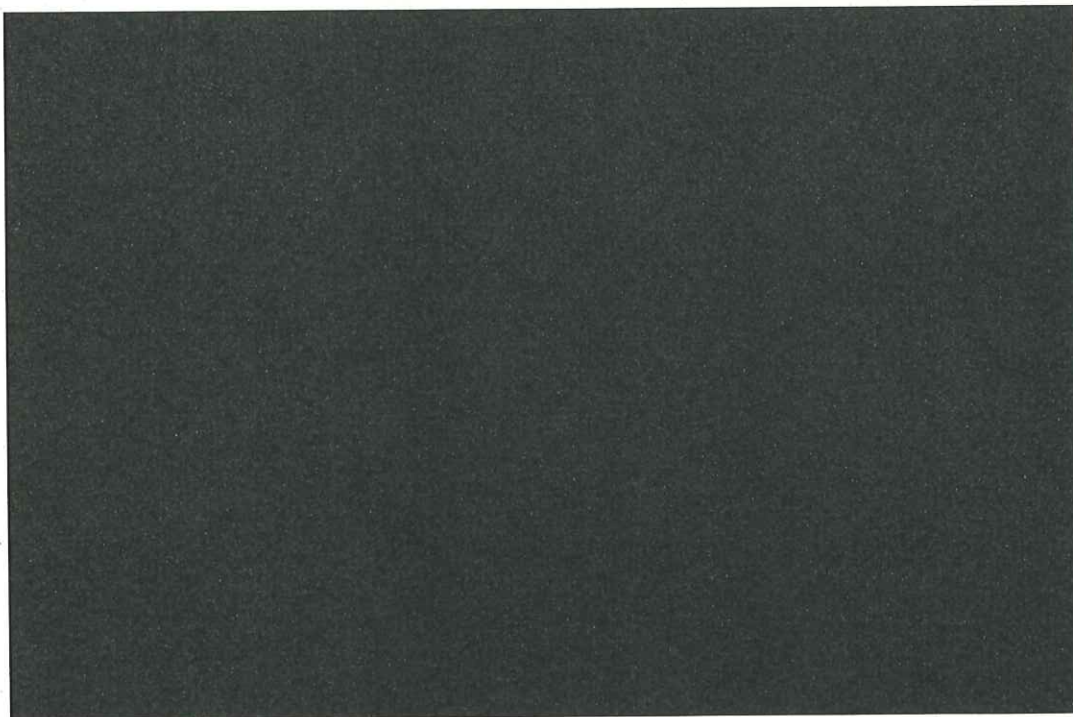


図 4-8(1) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向))



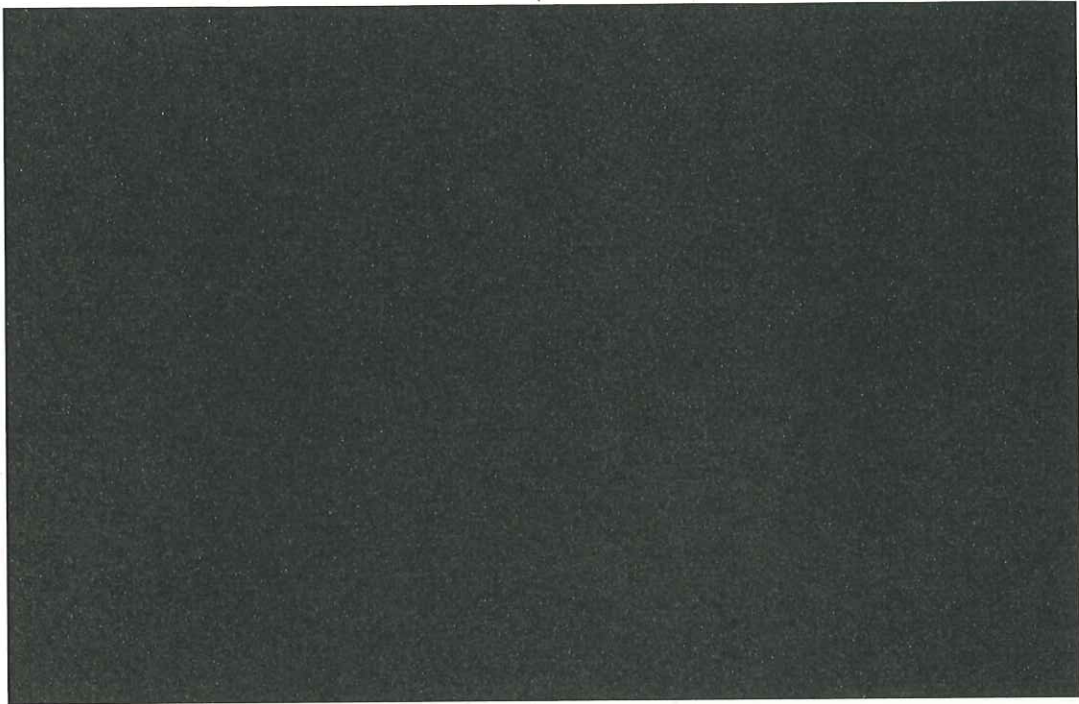


図 4-8(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向))

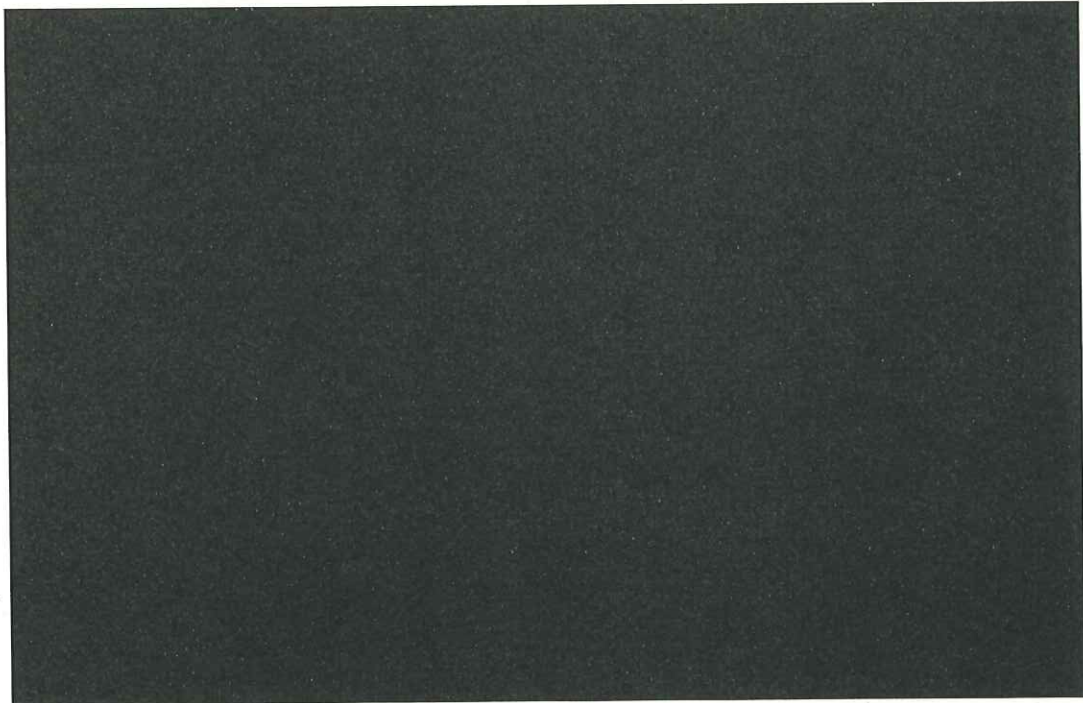


図 4-8(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向))

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。

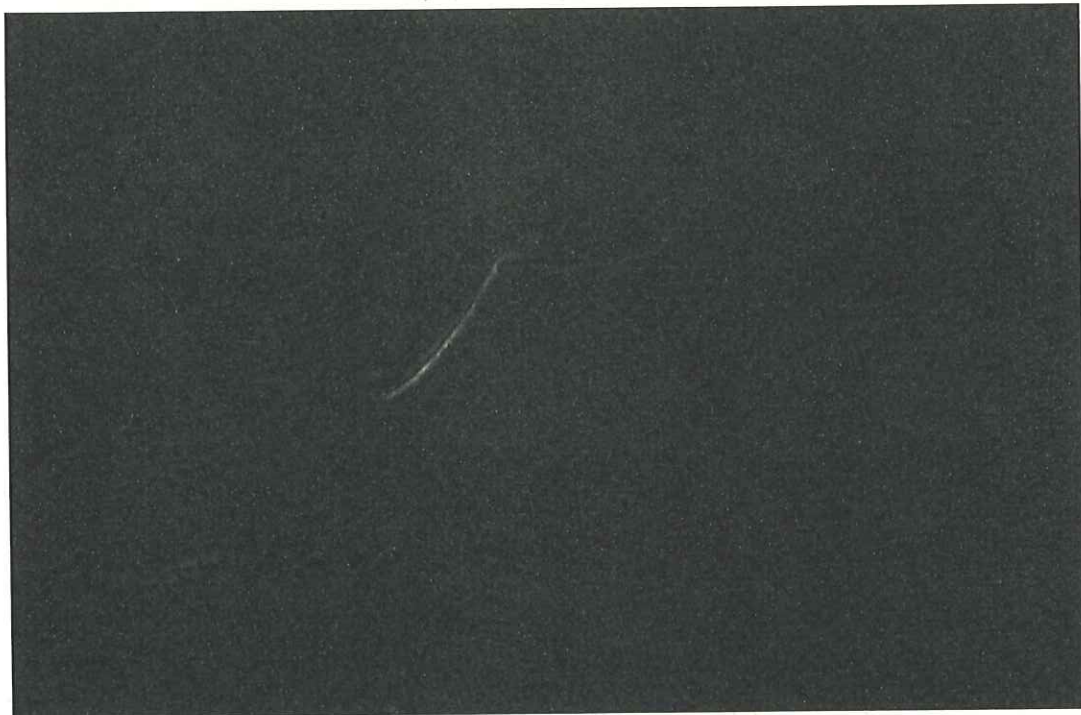


図 4-9(1) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向))

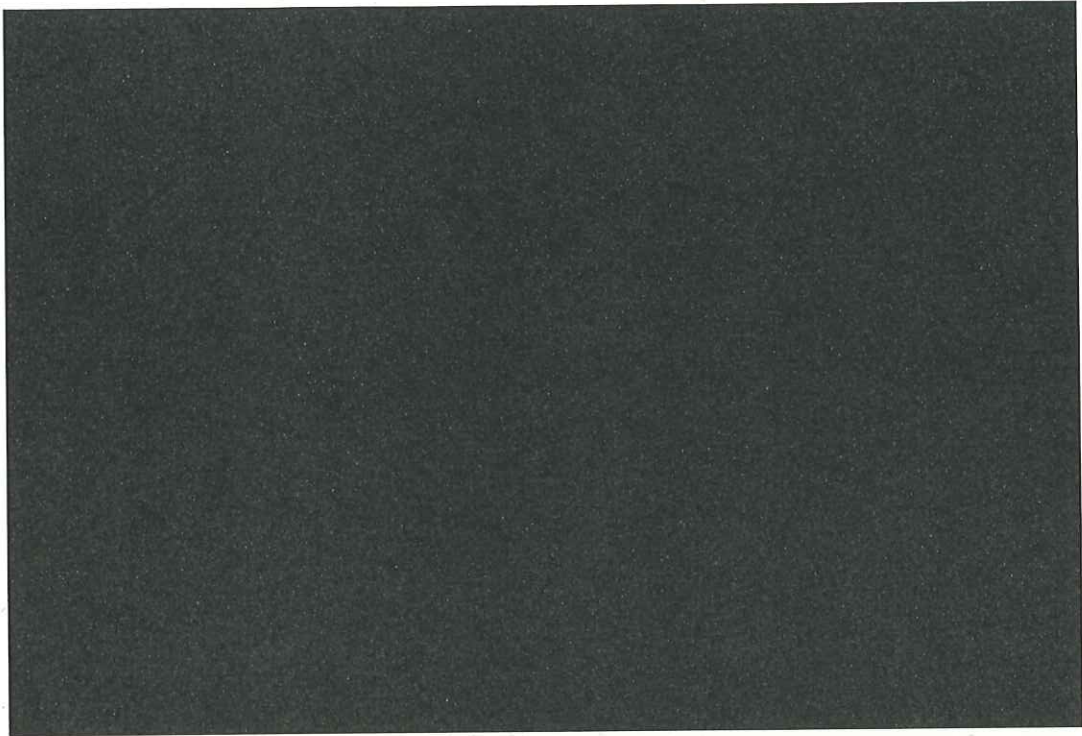


図 4-9(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向))

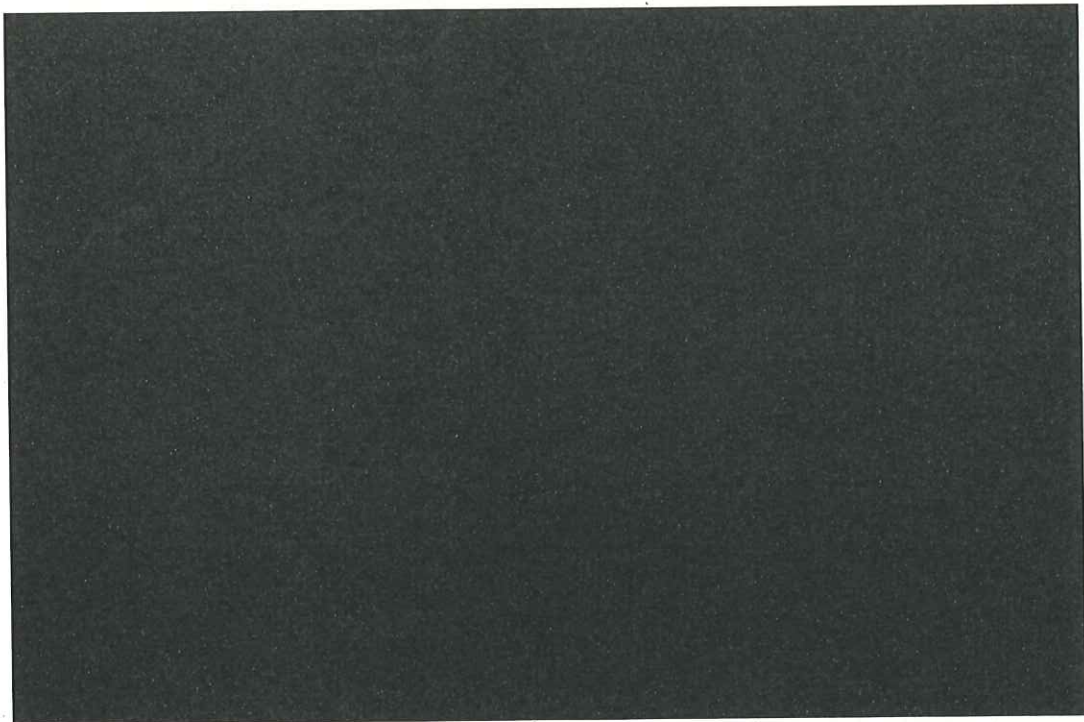


図 4-9(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向))



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。

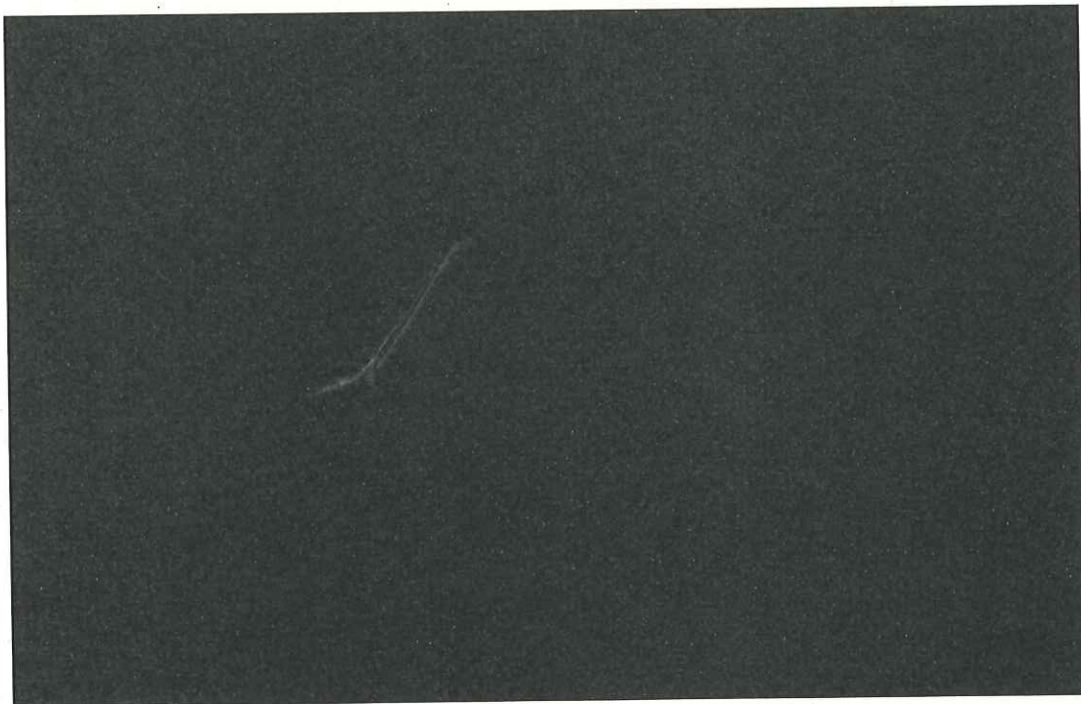


図 4-10(1) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向))

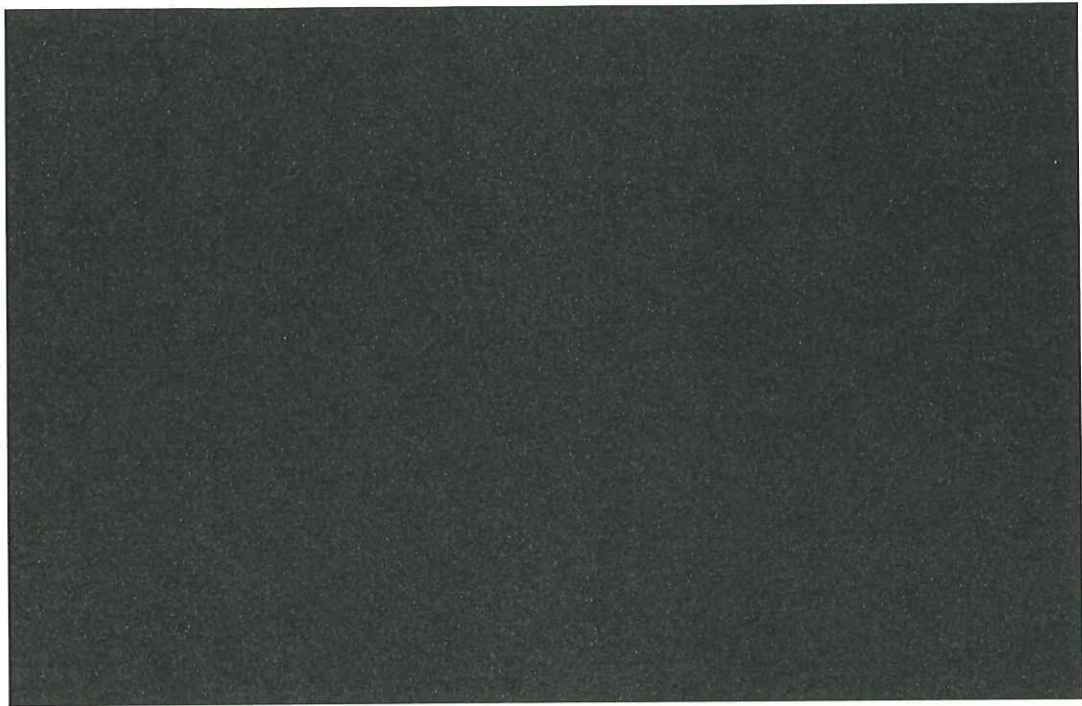


図 4-10(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向))

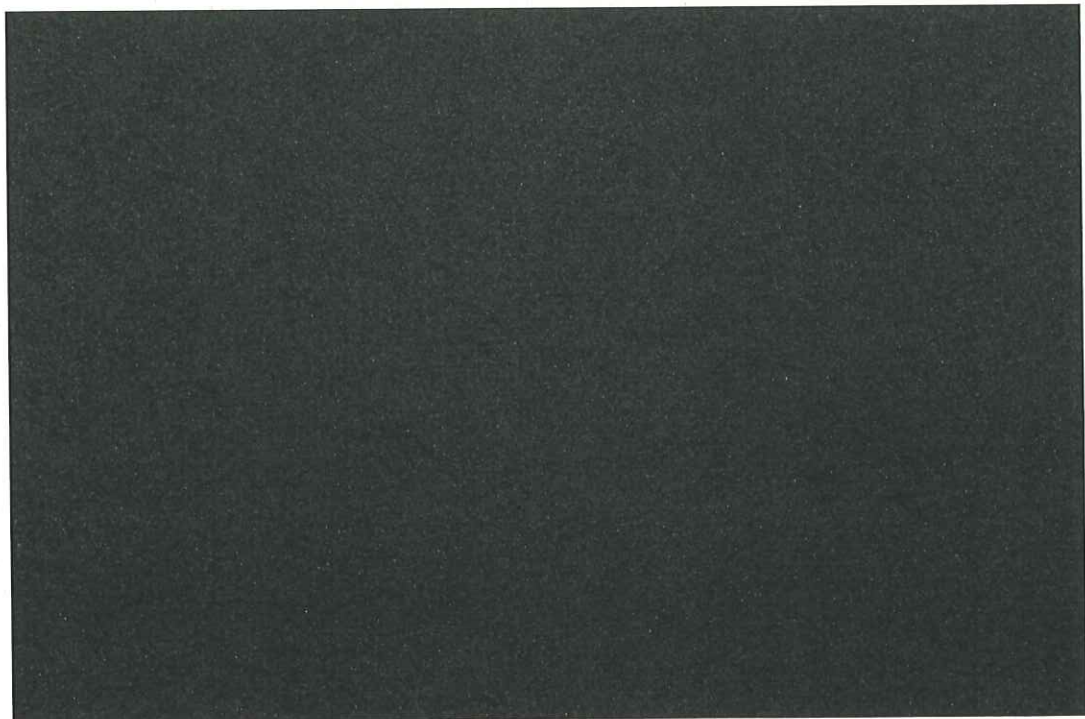


図 4-10(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向))



4.5 設計用地震力

- (1) 耐震計算に用いる地震力は、図 4-11 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 4 5 0）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。
- (6) 設計用地震力は、評価結果が厳しくなる吊荷有の評価ケース（評価ケース No. 1～3）について記載する。

表 4-17(1) 設計用地震力（トオリ位置：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 T.P 約 26.0*1		
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 4 5 0		
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（トオリ位置：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*1		
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 4 5 0		
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 (トロッリ位置 : 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 4 5 0		
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 (トロッリ位置 : 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 4 5 0		
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 4 5 0		
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 4 5 0		
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 (トバリ位置 : 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*1		
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 4 5 0		
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*2	—	—
6 次	0.041	0.77*2	—	—
7 次	0.035	0.77*2	—	—

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 (トバリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向)

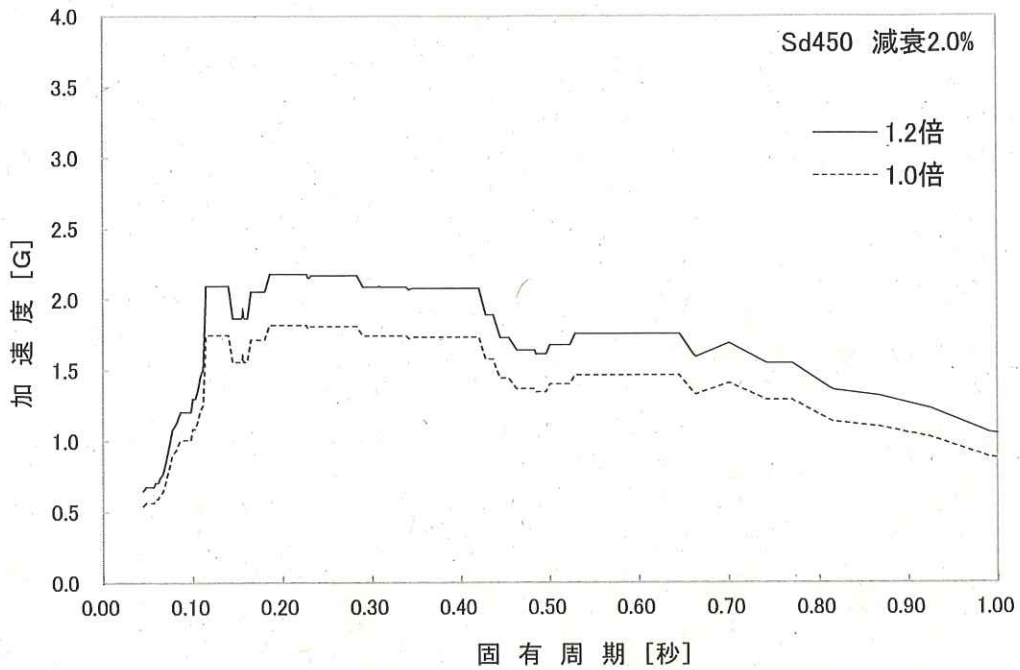
据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0*1		
固有周期 (s)		NS 方向 : 0.196 EW 方向 : 0.295 UD 方向 : 0.060		
減衰定数 (%)		水平 : 2.0 鉛直 : 2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.196	—	2.27	—
3 次	0.140	—	1.81	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.079	—	0.92	—
6 次	0.074	—	0.81	—
7 次	0.060	—	0.70	—

注記 \*1 : 基準床レベルを示す。

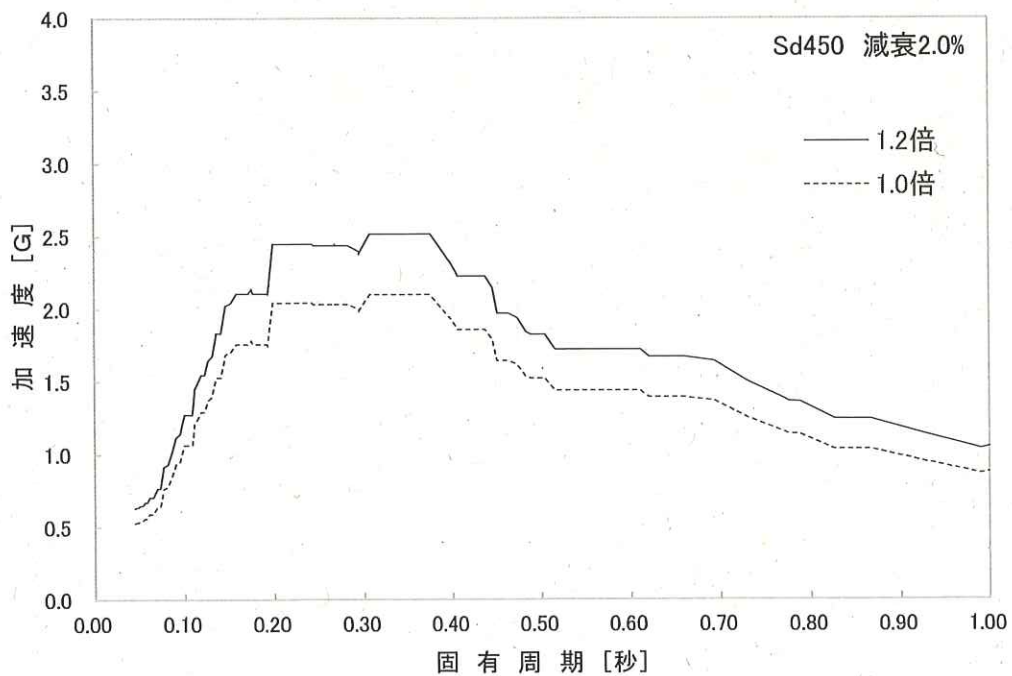
表 4-17(9) 設計用地震力 (トロッリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向)

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 4 5 0		
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

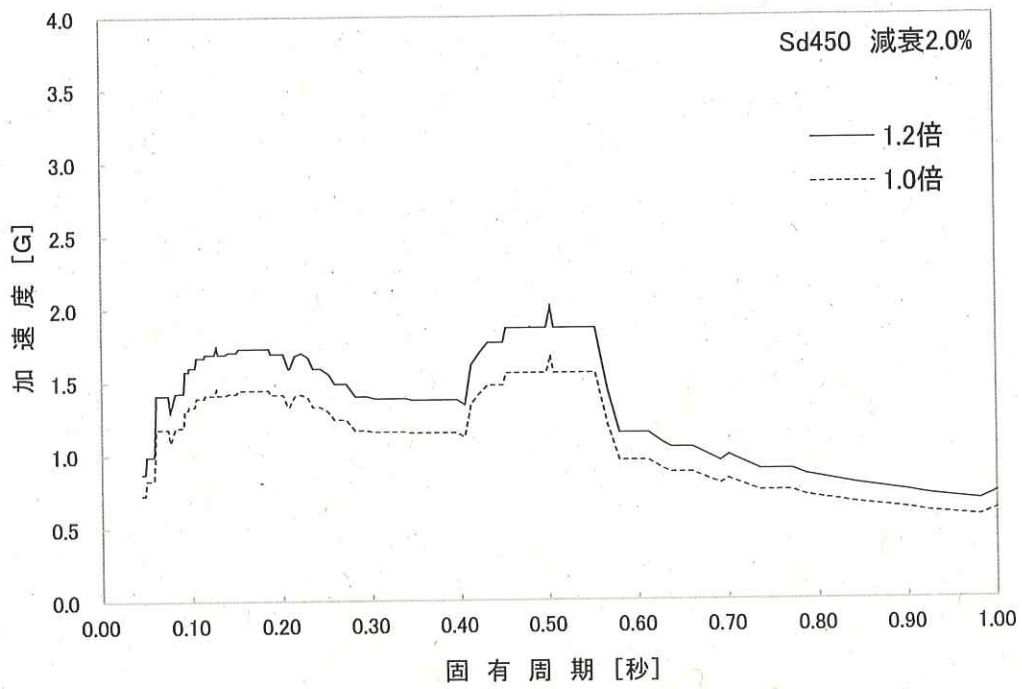
注記 \*1 : 基準床レベルを示す。



(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)



(IFL T.P. 約 26m, S d 4 5 0, UD 方向, ±10%振幅)

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 4 5 0 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 $f_b$	$\text{Min} \left( \frac{0.433 \cdot E \cdot A \cdot f}{l_b \cdot h}, \frac{F^*}{1.5} \right) \cdot 1.5$
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 4 5 0 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 4 5 0 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 4 5 0 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，

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

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 4 5 0 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 4 5 0 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，

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

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		材料	応力	許容応力 (MPa)
クレーン本体		SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	390
			せん断	225
			圧縮	361
			曲げ	390
			組合せ	390
連結ボルト		F10T	引張	511
		S10T	せん断	393
走行浮上り防止治具	爪	SS400 (100mm < t)	組合せ	239
	取付ボルト	12.9T	引張	624
			せん断	480
		8.8T	引張	424
せん断	326			
横行浮上り防止治具	爪	SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	組合せ	390
	取付ボルト	12.9T	引張	624
走行レール取付部材	レールクリップ	FCD450	曲げ	306
		SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	曲げ	274
	基礎ボルト	SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	128
			せん断	158

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	1.471 × 10 <sup>6</sup>
フック	S35C	支持荷重	1.471 × 10 <sup>6</sup>

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 4 5 0 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	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
クレーン本体		SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	45	390
			せん断	60	225
			圧縮	45	361
			曲げ	212	390
			組合せ	229	390
連結ボルト		F10T	引張	298	511
			せん断	37	393
		S10T	せん断	51	393
走行浮上り防止治具	爪	SS400 (100mm < t)	組合せ	161	239
	取付ボルト	12. 9T	引張	147	624
			せん断	31	480
		8. 8T	引張	134	424
せん断	61	326			
横行浮上り防止治具	爪	SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	組合せ	222	390
	取付ボルト	12. 9T	引張	378	624
走行レール取付部材	レールクリップ	FCD450	曲げ	171	306
		SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	曲げ	75	274
	基礎ボルト	SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	90	128
			せん断	109	158

表 5-1(2) 算定荷重の評価

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

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： $\sigma_{t1}$

$$\sigma_{t1} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.1.1)$$

$\sigma_{t1}$  : クレーン本体部材に作用する引張応力 45 (MPa)

[redacted]

(2) せん断応力： $\tau_1$

$$\tau_1 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.1.2)$$

$\tau_1$  : クレーン本体部材に作用するせん断応力 60 (MPa)

[redacted]

(3) 圧縮応力： $\sigma_{c1}$

$$\sigma_{c1} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.1.3)$$

$\sigma_{c1}$  : クレーン本体部材に作用する圧縮応力 45 (MPa)

[redacted]

(4) 曲げ応力： $\sigma_{b1}$

$$\sigma_{b1} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.1.4)$$

$\sigma_{b1}$  : クレーン本体部材に作用する曲げ応力 212 (MPa)

[redacted]

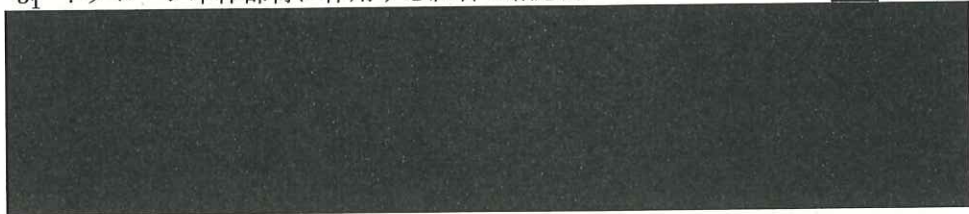


(5) 組合せ応力

a. 組合せ軸応力： $\sigma_1$

$\sigma_1 =$  [redacted] ..... (6.1.5)

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



b. せん断応力： $\tau_1$

$\tau_1 =$  [redacted] ..... (6.1.6)

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



c. 組合せ応力： $\sigma_{k1}$

$\sigma_{k1} =$  [redacted] ..... (6.1.7)

$\sigma_{k1}$  : クレーン本体部材に作用する組合せ応力 229 (MPa)

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

$\tau_1$  : クレーン本体部材に作用するせん断応力 [redacted] (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:  $\sigma_{t2}$

$\sigma_{t2} = \blacksquare \dots \dots \dots (6.2.1)$

$\sigma_{t2}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 298 (MPa)

b. せん断応力:  $\sigma_{s1}$

$\sigma_{s1} = \blacksquare \dots \dots \dots (6.2.2)$

$\sigma_{s1}$  : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 51 (MPa)

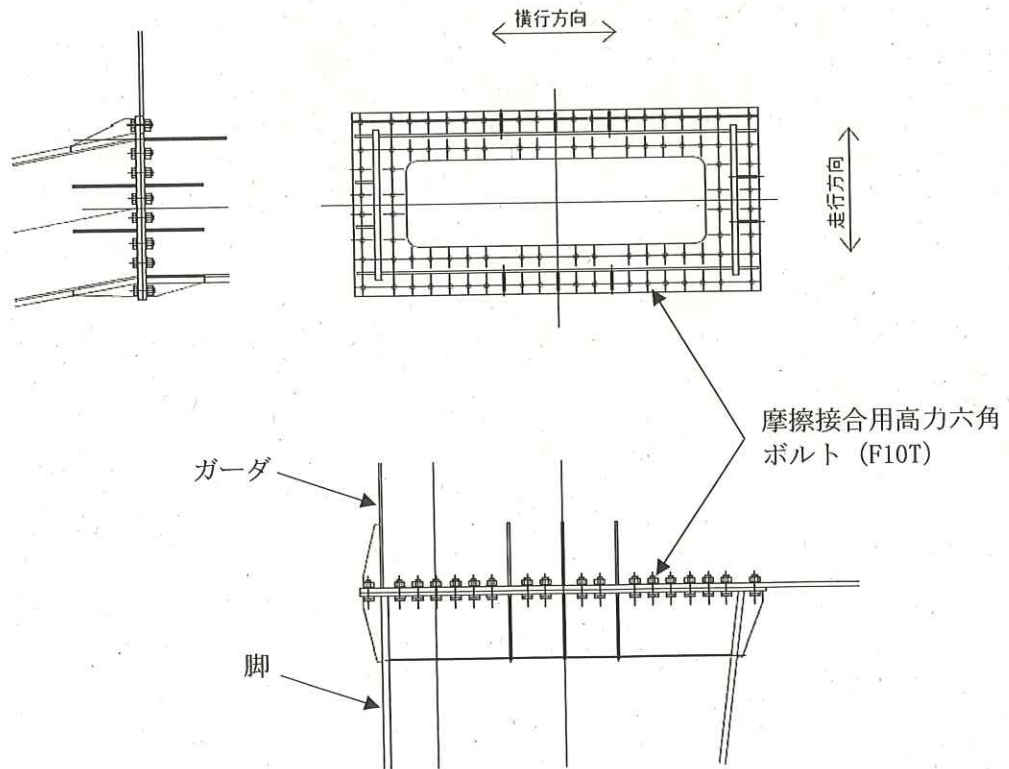


図 6-2 脚上部連結部

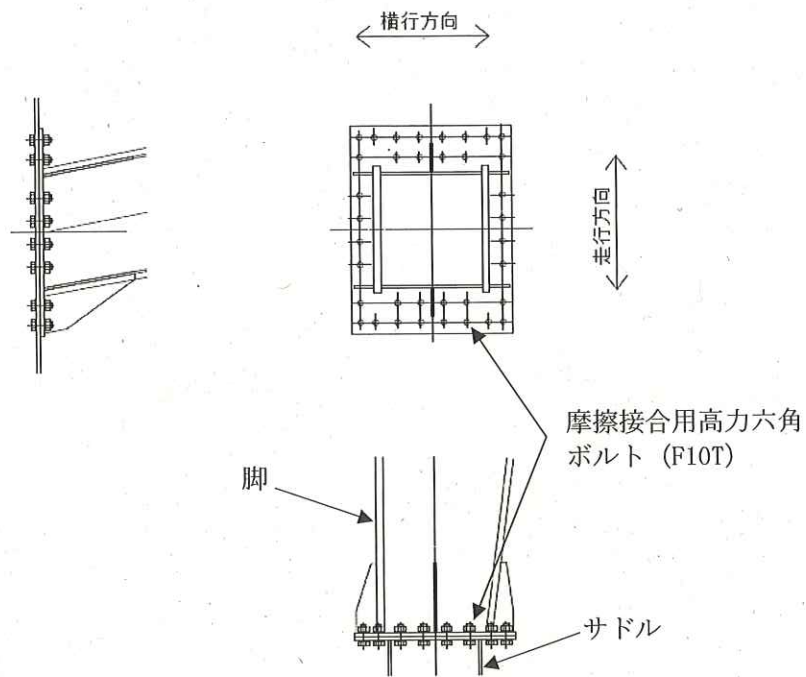


図 6-3 脚下部連結部

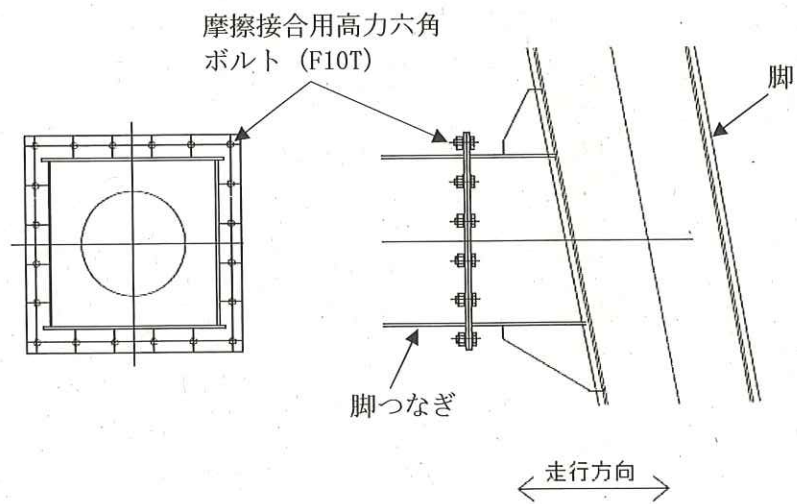


図 6-4 脚つなぎ連結部



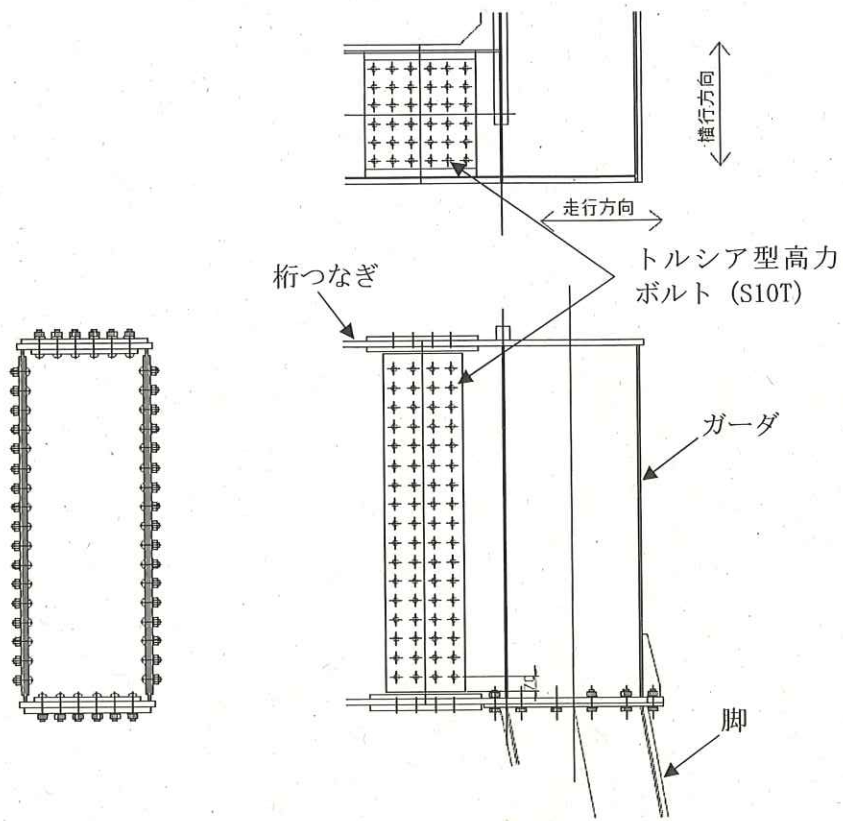


図 6-5 桁つなぎ連結部

6.3 走行浮上り防止治具の応力

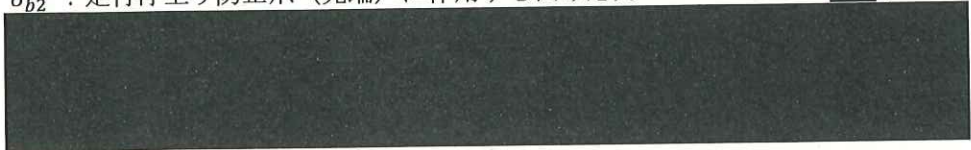
走行浮上り防止治具に加わる荷重はスペクトルモーダル解析により求める。走行浮上り防止爪の応力は図 6-6、図 6-7 を用いて計算し、走行浮上り防止爪取付ボルトの応力は図 6-8、図 6-9 を用いて計算する。

(1) 走行浮上り防止爪（先端）に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b2}$

$$\sigma_{b2} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.3.1)$$

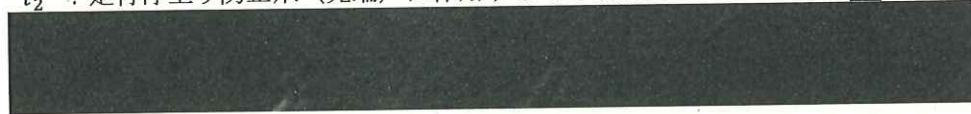
$\sigma_{b2}$  : 走行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力  $\blacksquare$  (MPa)



b. せん断応力： $\tau_2$

$$\tau_2 = \blacksquare \dots\dots\dots (6.3.2)$$

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



c. 組合せ応力： $\sigma_{k2}$

$$\sigma_{k2} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.3.3)$$

$\sigma_{k2}$  : 走行浮上り防止爪（先端）に作用する組合せ応力 161 (MPa)  
 $\sigma_{b2}$  : 走行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力  $\blacksquare$  (MPa)  
 $\tau_2$  : 走行浮上り防止爪（先端）に作用するせん断応力  $\blacksquare$  (MPa)

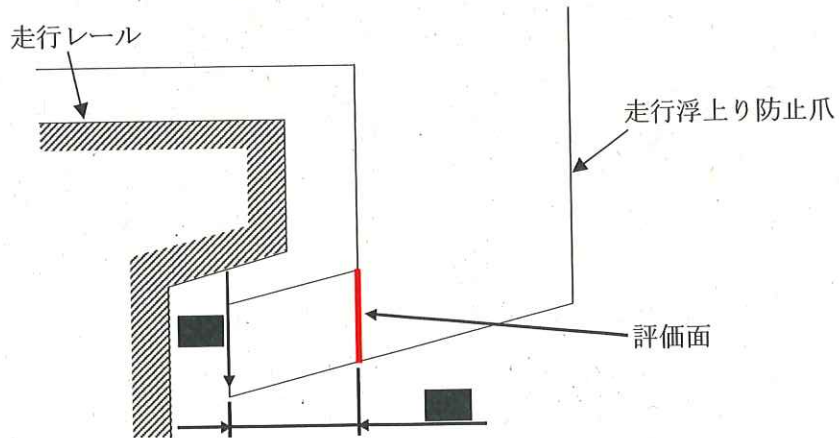


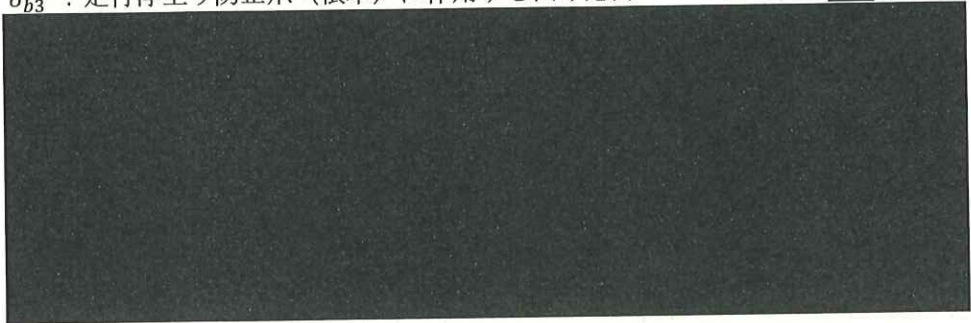
図 6-6 走行浮上り防止爪（先端）

(2) 走行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b3}$

$\sigma_{b3} =$  [redacted] ..... (6.3.4)

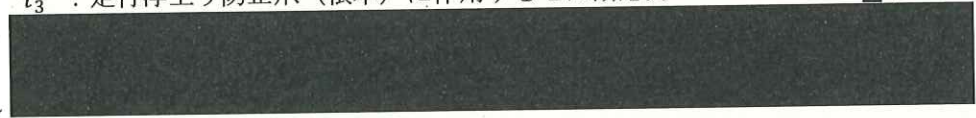
$\sigma_{b3}$  : 走行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 [redacted] (MPa)



b. せん断応力： $\tau_3$

$\tau_3 =$  [redacted] ..... (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 [redacted] (MPa)



c. 組合せ応力： $\sigma_{k3}$

$\sigma_{k3} =$  [redacted] ..... (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 [redacted] (MPa)

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

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

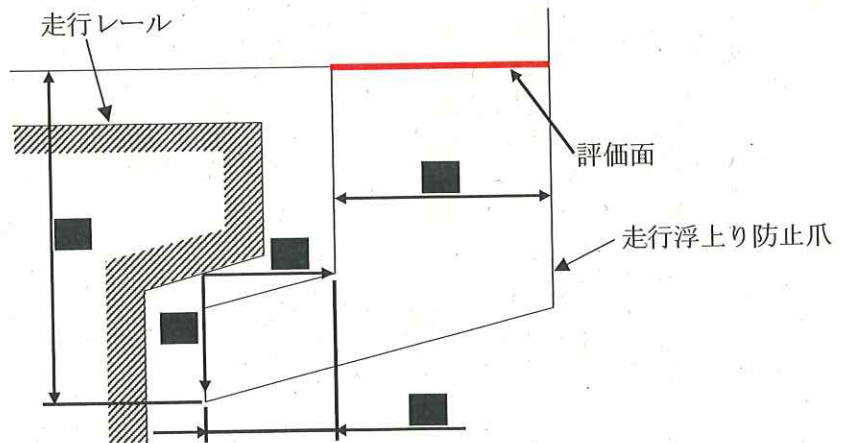
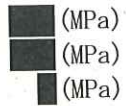


図 6-7 走行浮上り防止爪（根本）

(3) 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)のボルト1本あ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本あたりに作用する引張力： $T_1$

$$T_1 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.3.7)$$

$T_1$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本あたりに作用する [redacted] (N)  
引張力



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

$$\sigma_{t3} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.3.8)$$

$\sigma_{t3}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本あたりに作用する 147 (MPa)  
引張応力



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

$$S_1 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.3.9)$$

$S_1$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本あたりに作用する [redacted] (N)  
せん断力



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

$$\sigma_{s2} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.3.10)$$

$\sigma_{s2}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本あたりに作用する 31 (MPa)  
せん断応力





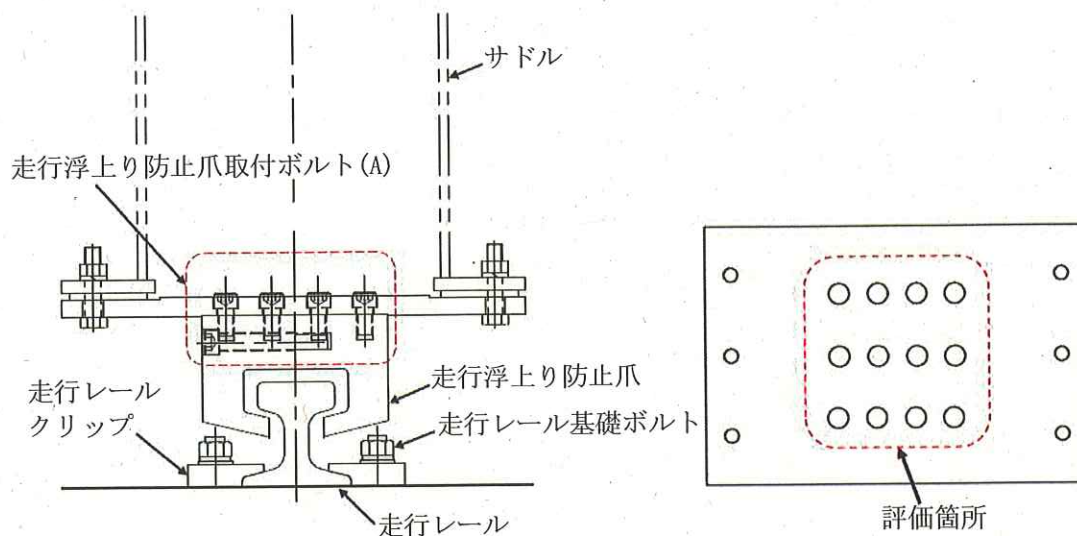


図 6-8 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)

(4) 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)のボルト1本あ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本あたりに作用する引張力： $T_2$

$T_2 =$  [redacted] ..... (6.3.11)

$T_2$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本あたりに作用する [redacted] (N)  
引張力



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

$\sigma_{t4} =$  [redacted] ..... (6.3.12)

$\sigma_{t4}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本あたりに作用する [redacted] 134 (MPa)  
引張応力



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

$S_2 =$  [redacted] ..... (6.3.13)

$S_2$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト(B)1本あたりに作用する [redacted] (N)  
せん断力



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

$$\sigma_{s3} = \dots\dots\dots (6.3.14)$$

$\sigma_{s3}$  : 走行浮上り防止爪取付ボルト (B) 1 本あたりに作用するせん断応力 61 (MPa)

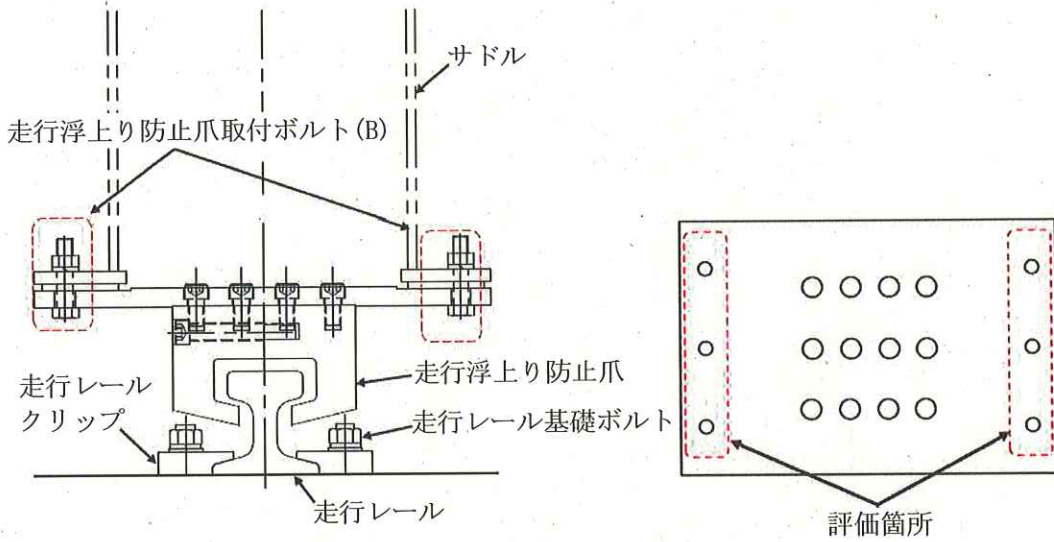


図 6-9 走行浮上り防止爪取付ボルト (B)

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スペクトルモーダル解析により求める。横行浮上り防止爪の応力は図 6-10, 図 6-11 を用いて計算し, 横行浮上り防止爪取付ボルトの応力は図 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:  $\sigma_{b4}$

$$\sigma_{b4} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.4.1)$$

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

$\blacksquare$

b. せん断応力:  $\sigma_{s4}$

$$\sigma_{s4} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.4.2)$$

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

$\blacksquare$

c. 組合せ応力:  $\sigma_{k4}$

$$\sigma_{k4} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.4.3)$$

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

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

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

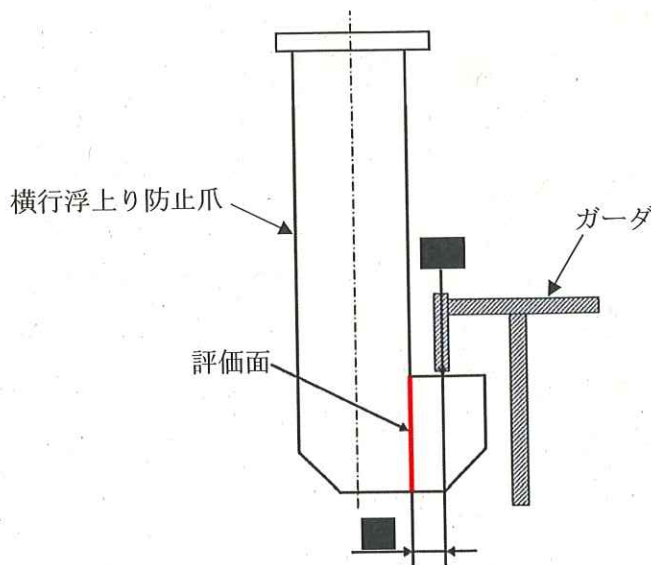


図 6-10 横行浮上り防止爪 (先端)



(2) 横行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b5}$

$$\sigma_{b5} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.4.4)$$

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

$\blacksquare$

b. 引張応力： $\sigma_{t5}$

$$\sigma_{t5} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.4.5)$$

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

$\blacksquare$

c. 組合せ応力： $\sigma_{k5}$

$$\sigma_{k5} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.4.6)$$

$\sigma_{k5}$  : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する組合せ応力 222 (MPa)

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

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

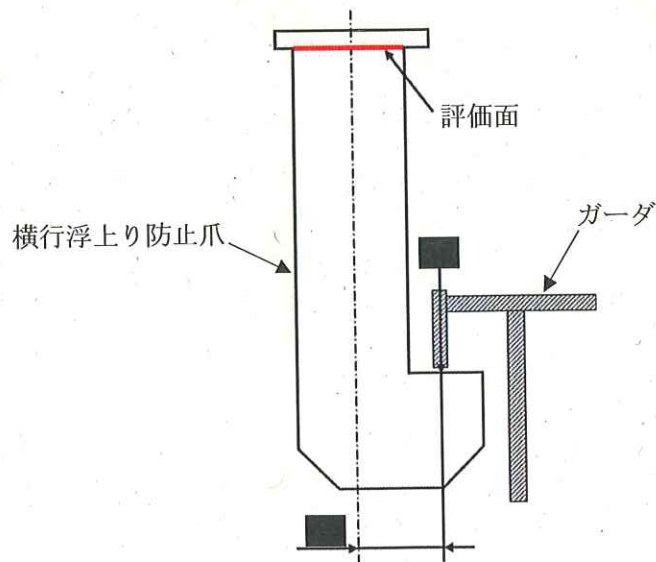


図 6-11 横行浮上り防止爪（根本）

(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 本当たり作用する荷重 :  $P_2$

$$P_2 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.4.7)$$

$P_2$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本当たり作用する荷重 [redacted] (N)



b. 引張応力 :  $\sigma_{t6}$

$$\sigma_{t6} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.4.8)$$

$\sigma_{t6}$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本当たり作用する引張応力 378 (MPa)

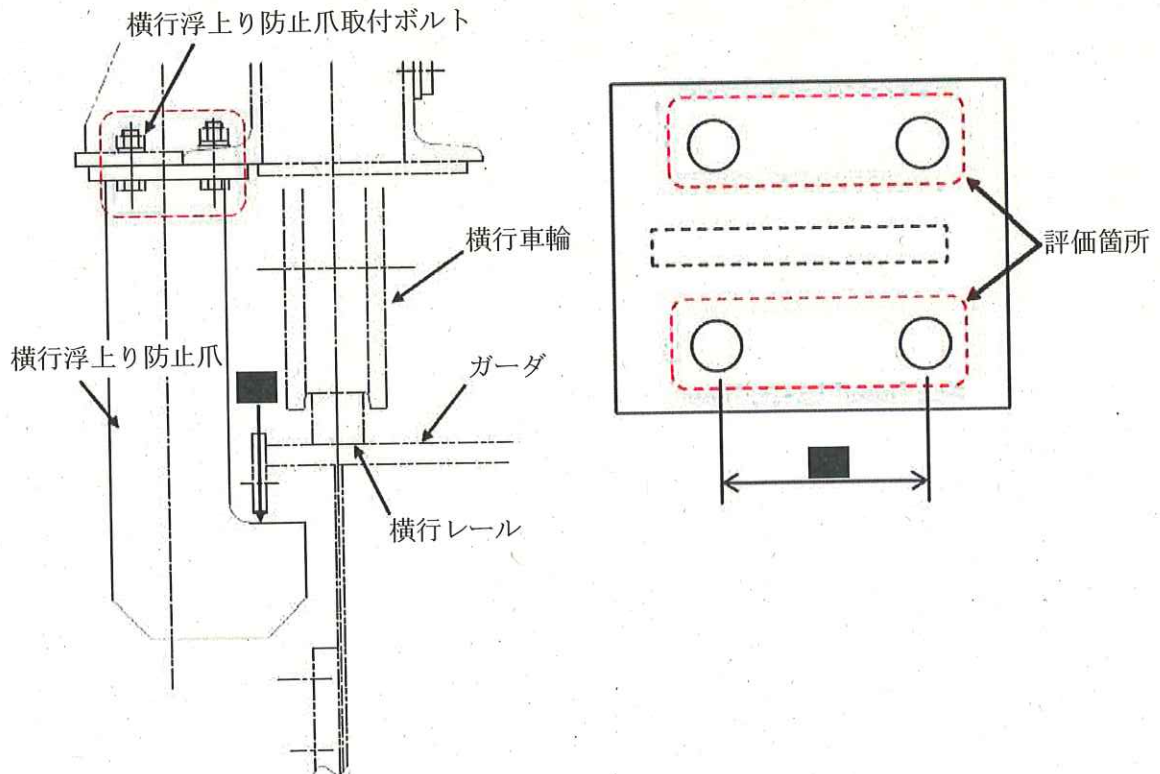


図 6-12 横行浮上り防止爪取付ボルト

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スペクトルモーダル解析により求める。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 個あたりに作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b6}$

$$\sigma_{b6} = \text{[Redacted]} \dots\dots\dots (6.5.1)$$

$\sigma_{b6}$  : 一般部レールクリップ 1 個あたりに作用する曲げ応力 171 (MPa)



(2) 連結部レールクリップ 1 個あたりに作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b7}$

$$\sigma_{b7} = \text{[Redacted]} \dots\dots\dots (6.5.2)$$

$\sigma_{b7}$  : 連結部レールクリップ 1 個あたりに作用する曲げ応力 75 (MPa)

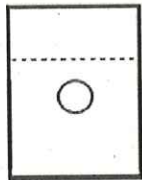
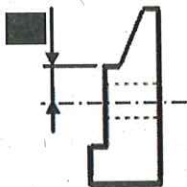


図 6-13 一般部レールクリップ

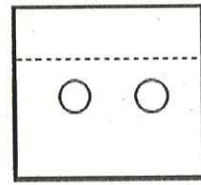
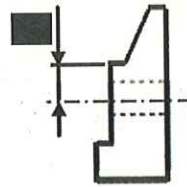


図 6-14 連結部レールクリップ

(3) 走行レールクリップ基礎ボルト 1 個あたりに作用する応力

a. 基礎ボルト 1 本当たりに作用する引張力:  $T_3$

$$T_3 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.5.3)$$

$T_3$  : 基礎ボルト 1 本当たりに作用する引張力 [redacted] (N)

[redacted]

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

$$\sigma_{t7} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.5.4)$$

$\sigma_{t7}$  : 基礎ボルト 1 本当たりに作用する引張応力 90 (MPa)

[redacted]

c. 基礎ボルト 1 本当たりに作用するせん断力:  $S_3$

$$S_3 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.5.5)$$

$S_3$  : 基礎ボルト 1 本当たりに作用するせん断力 [redacted] (N)

[redacted]

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

$$\sigma_{s5} = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.5.6)$$

$\sigma_{s5}$  : 基礎ボルト 1 本当たりに作用するせん断応力 109 (MPa)

[redacted]

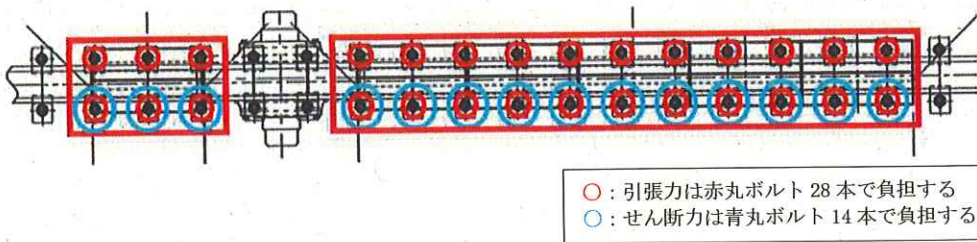


図 6-15 走行レールクリップ基礎ボルト



## 6.6 吊具の荷重計算方法

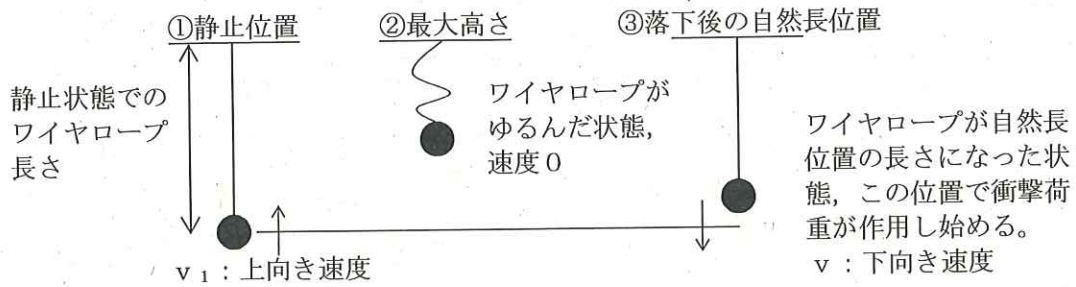
クレーンの吊具荷重を受ける各部分は、クレーン本体、トロリ、ワイヤロープ及びフックで、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により落下に至る可能性があるワイヤロープとフックを評価対象とする。

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。



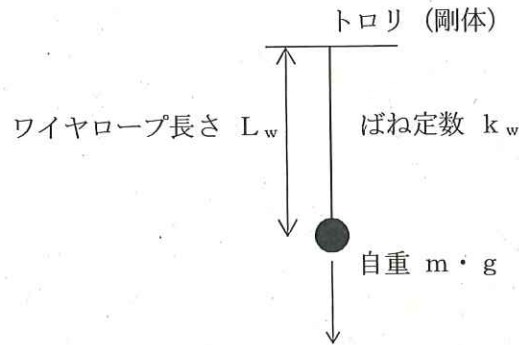
- 下向き速度  $v$   
②、③まではエネルギー保存則より  
下向き速度  $v$  は  
 $v < v_1$   
となるが、保守的に  
 $v = v_1$   
として評価を行う。

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  $\blacksquare$  (s)

$k_w$  : ワイヤロープのばね定数  $\blacksquare$  (N/mm)

$m$  : 吊荷の質量 30000 (kg)

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

ここで、

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

$E_w$  : ワイヤロープの縦弾性係数  $\blacksquare$  (MPa)

$L_w$  : ワイヤロープ長さ  $\blacksquare$  (mm)

$n_w$  : ワイヤロープ本数  $\blacksquare$  (-)

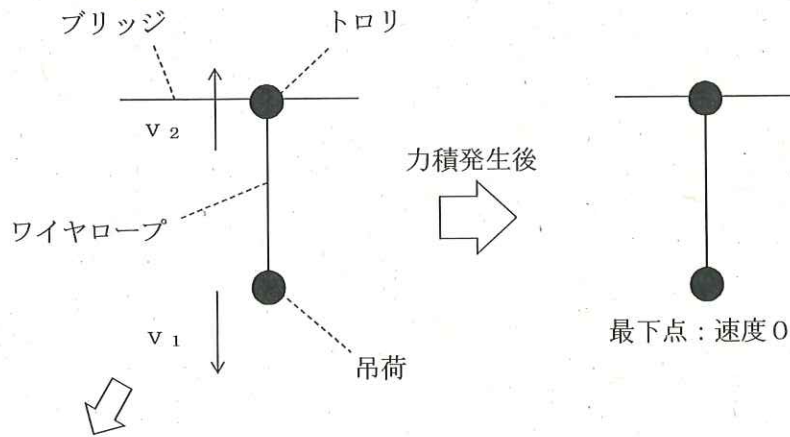
(3) 吊荷に作用する衝撃荷重

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

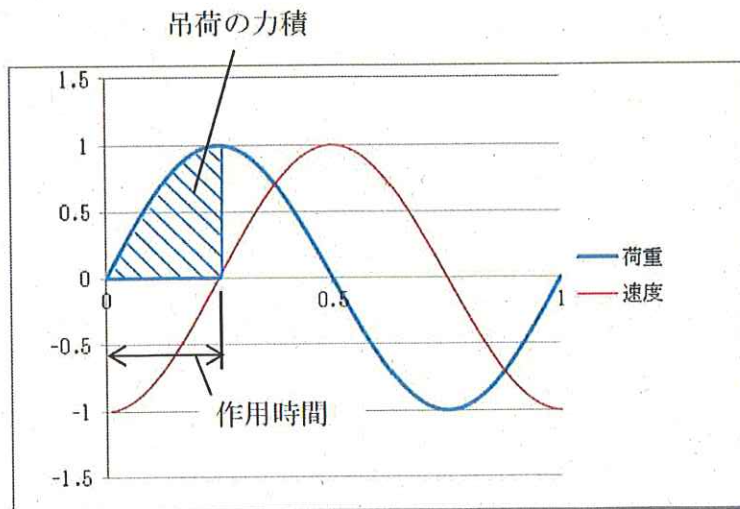


図 6-18 吊荷の力積の概念図

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  $1.042 \times 10^6$  (N) 発生する荷重

m : 吊荷の質量 30000 (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。