

廃炉発官R5第184号  
令和6年3月25日

原子力規制委員会 殿

東京都千代田区内幸町1丁目1番3号  
東京電力ホールディングス株式会社  
代表執行役社長 小早川 智明

福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画 変更認可申請書

核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第64条の3第2項の規定に基づき，別紙の通り，「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可の申請をいたします。

以上

「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」について、下記の箇所を別添の通りとする。

変更箇所、変更理由及びその内容は以下の通り。

○福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画

大型廃棄物保管庫について耐震Cクラス（Ss900波及的影響防止，間接支持）に対応した耐震補強を実施するため，以下の変更を行う。

II 特定原子力施設の設計，設備

2.45 大型廃棄物保管庫

本文

- ・適用指針の変更に伴う記載削除
- ・添付資料—8 削除に伴う添付資料番号の変更

添付資料—3

- ・耐震クラス変更に伴う記載削除
- ・建屋に係わる準拠規格及び基準を追記
- ・添付資料—8 削除に伴う添付資料番号の変更

添付資料—6

- ・耐震補強工事に伴う記載の追加

添付資料—7

- ・耐震補強工事に伴う記載の追加

添付資料—8

- ・添付資料—1 2 へ統合することに伴う添付資料の削除

添付資料—9

- ・添付資料—8 削除に伴う添付資料番号の繰り上げ（添付資料—8）

添付資料—10

- ・添付資料—8 削除に伴う添付資料番号の変更及び繰り上げ（添付資料—9）

添付資料—11

- ・添付資料—8 削除に伴う添付資料番号の繰り上げ（添付資料—10）

添付資料—12

- ・添付資料—8 削除に伴う添付資料番号の繰り上げ（添付資料—11）
- ・大型廃棄物保管庫建屋の構造強度及び耐震性に関する記載の追加

以 上

別添

## 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、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。

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－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口を設ける。

##### (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口及び人間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緊急時対策に関する説明書
- 添付資料-9 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-10 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-11 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-10）。

#### 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-8）。

#### 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)
- ・建築基準法・同施行令及び関連告示
- ・原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会, 2005年)
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 (日本建築学会, 1999年)
- ・鋼構造設計規準—許容応力度設計法— (日本建築学会, 2005年)
- ・2015年版建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省住宅局建築指導課・国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所・日本建築行政会議, 2015年)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 JEAG 4601・補-1984 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格 ( (社) 日本機械学会, 2003)
- ・建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 (日本建築センター, 2018年)
- ・建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事 (日本建築学会, 2013年) (JASS 5N)

(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-11）。

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-9）。

(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。

## 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。

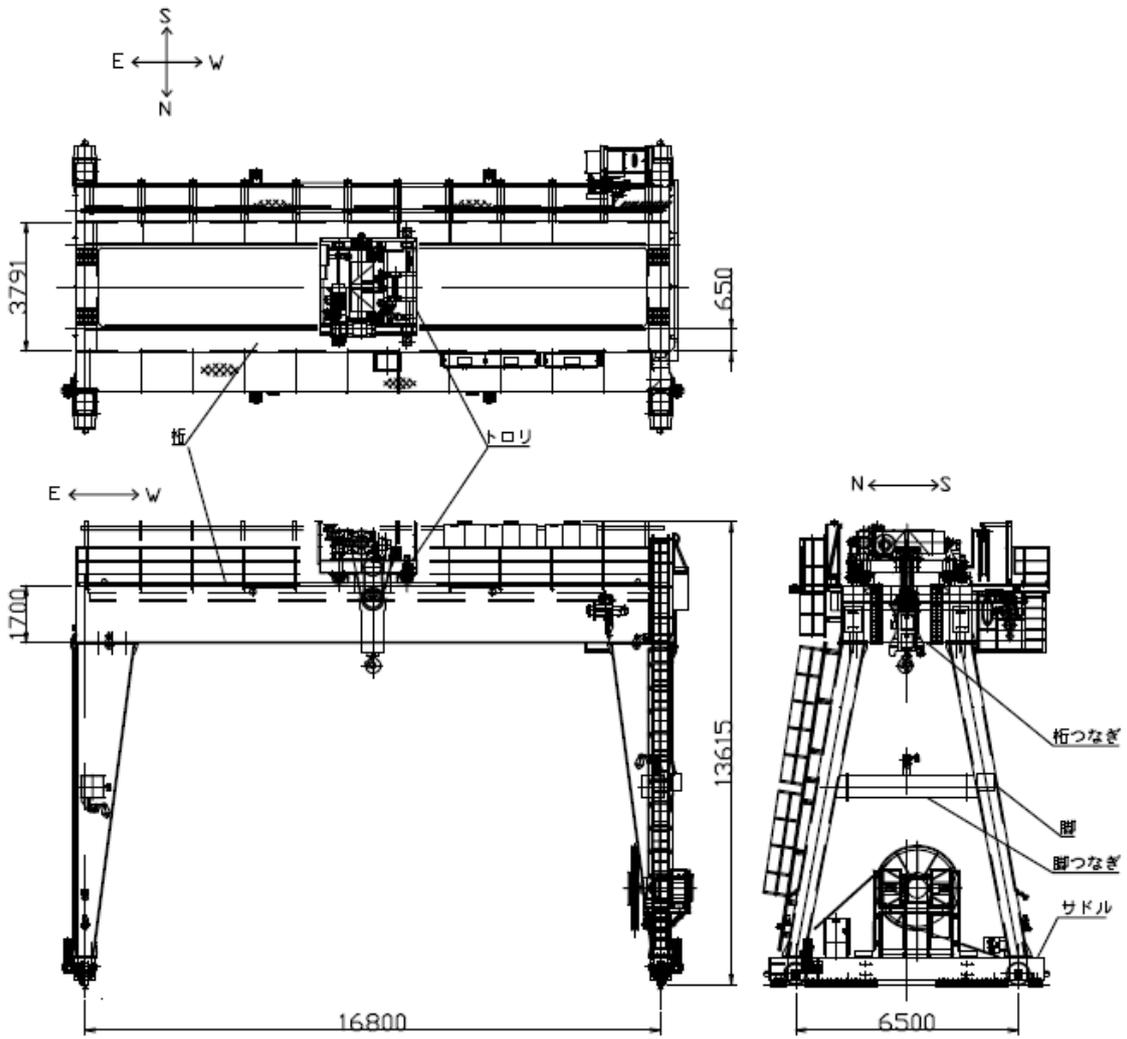


図-1 クレーン外形図

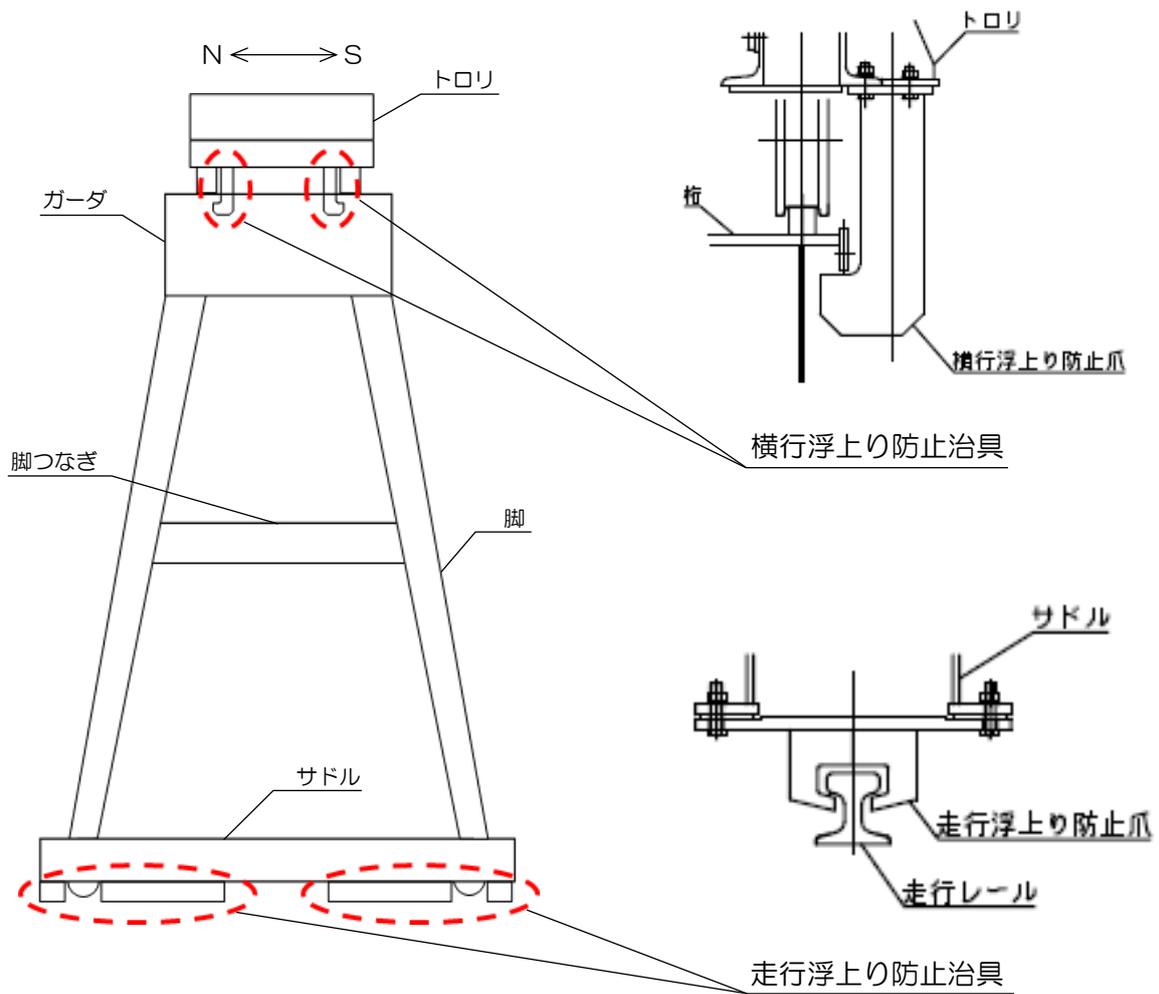


図-2 走行／横行浮上り防止治具外形図

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

表－8 大型廃棄物保管庫の建屋の耐震補強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
構造強度 および 耐震性	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。
		鋼材の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3101, JIS G 3136 又は建築基準法第 37 条第二号に基づく国土交通大臣の認定に適合すること。
	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。
	外観確認	大型廃棄物保管庫の耐震補強部分の外観を確認する。	有害な欠陥がないこと。

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																																				
建屋耐震補強工事																																				

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																							
													機器設置工事																							
換気設備, 電源・計装設備 設置工事																																				
クレーン 設置工事																									クレーン設置工事											
建屋耐震補強工事																									建屋耐震補強工事											

項目	2025年												2026年												2027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																																				
換気設備, 電源・計装設備 設置工事																																				
クレーン 設置工事																																				
建屋耐震補強工事	建屋耐震補強工事																																			

## 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

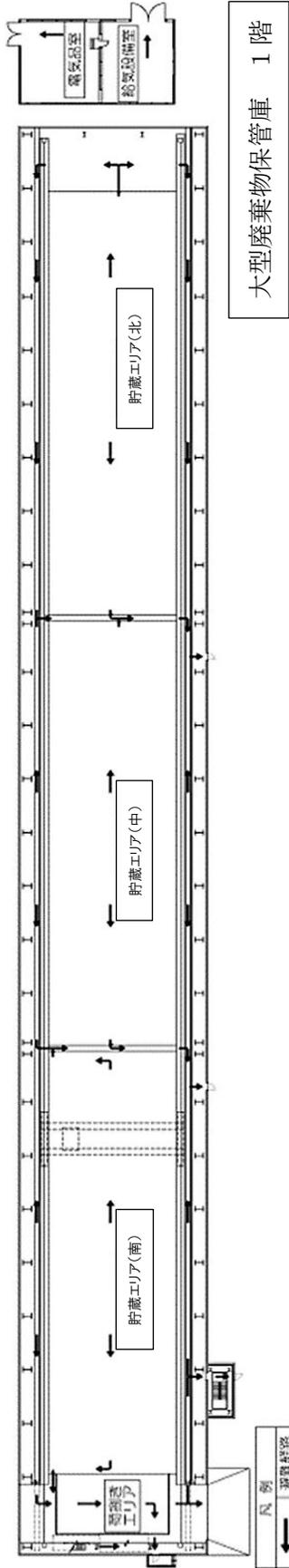
大型廃棄物保管庫は、実施計画Ⅱ「1. 13 緊急時対策」に従い、事故や大規模な自然災害等の緊急事態が発生した場合を想定し、安全避難経路や非常用照明灯等の資機材を整備する。また、事故時等において、作業員等に対し的確に指示ができるよう適切な警報系（ページング、スピーカ等）及び通信連絡設備（PHS等）を配備する。

## 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。

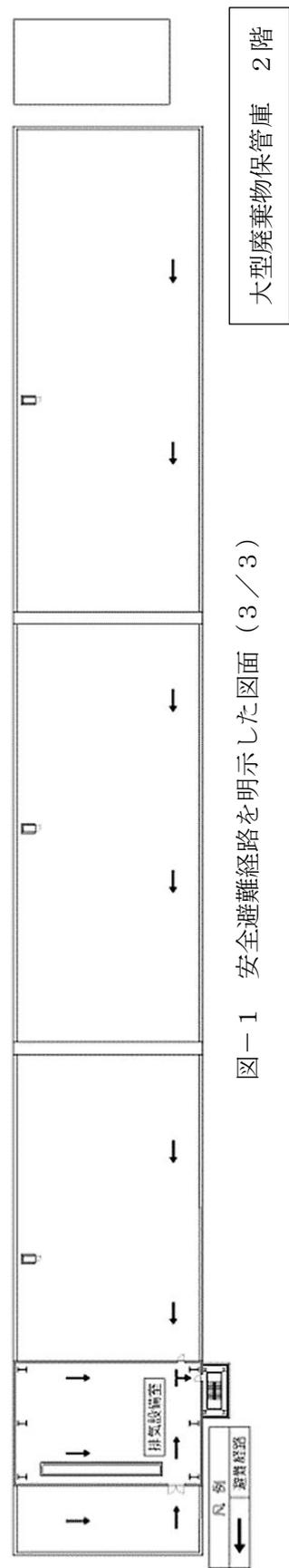
安全避難経路を図-1、非常用照明の取付箇所を図-2に示す。



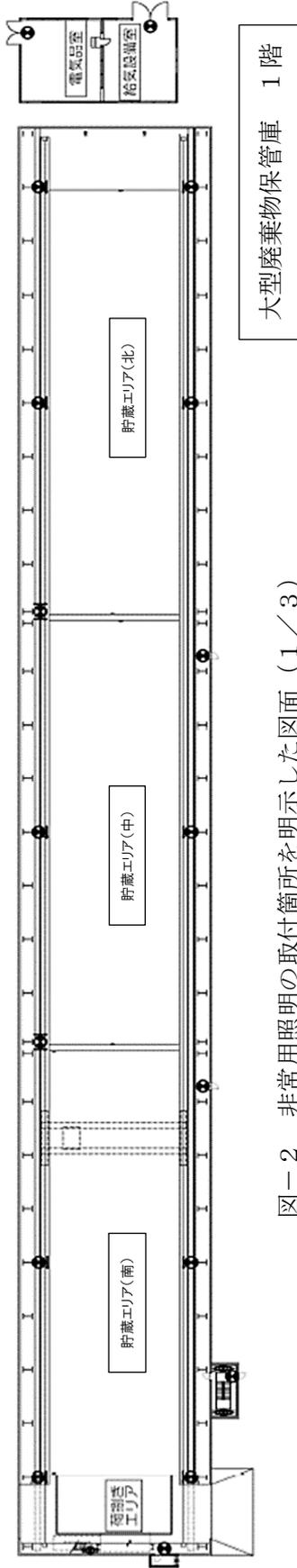
図一 1 安全避難経路を明示した図面 (1 / 3)



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-11 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

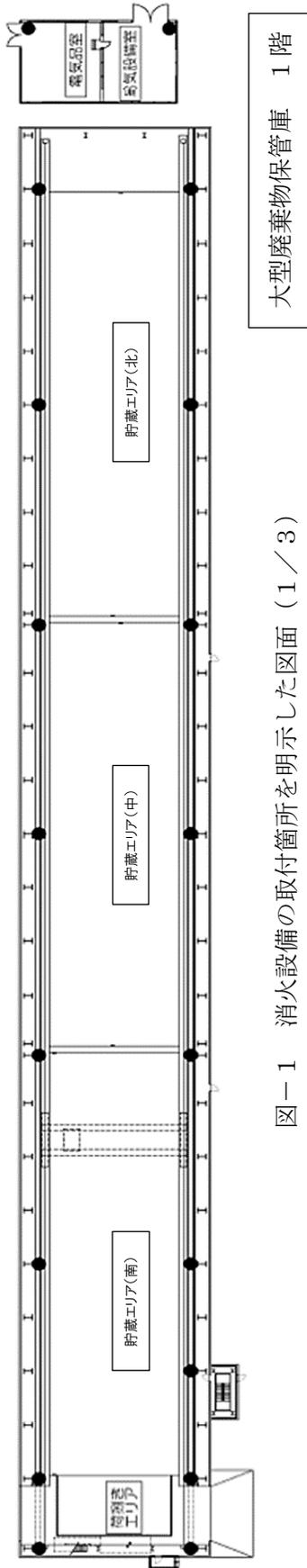
火災検出設備及び消火設備は地震等の自然現象によっても，その性能が著しく阻害されることのないよう措置を講じる。消火設備は，消防法に基づいた設計とし，耐震設計は「添付資料－11 大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書」に基づいて適切に行う。

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

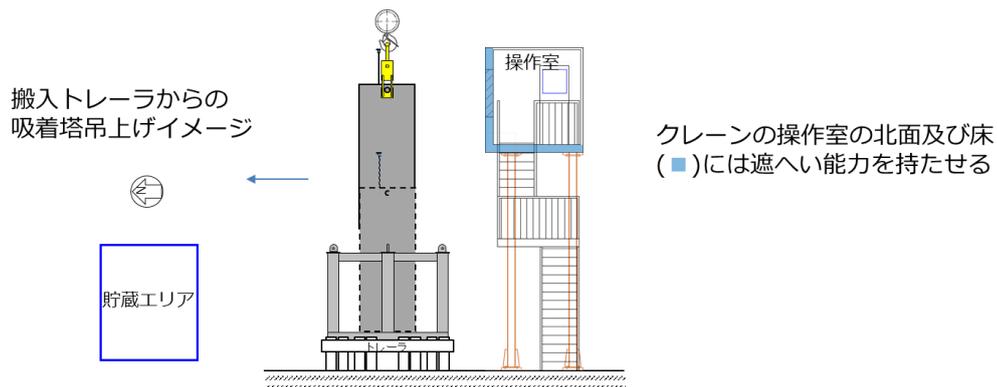
大型廃棄物保管庫内で行う作業に従事する作業者の被ばく線量低減のための対策を示す。

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

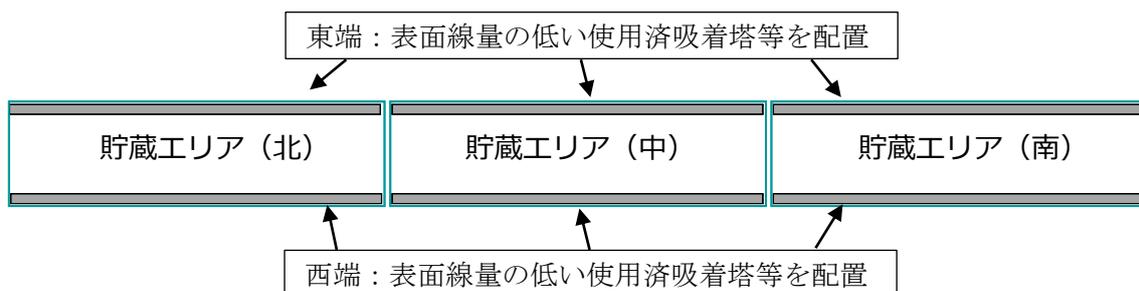
大型廃棄物保管庫に搬入した使用済吸着塔等の保管場所への定置作業に従事する作業者の被ばく線量低減のため、大型廃棄物保管庫内での使用済吸着塔等の移動は、遠隔操作が可能な橋形クレーンを用いる。クレーンの操作室には遮へい能力を持たせる。



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

別添－3 大型廃棄物保管庫建屋の構造強度及び耐震性について

## 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

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 11-12
2. 一般事項	II-2-45-添 11-12
2.1 配置概要	II-2-45-添 11-12
2.2 構造計画	II-2-45-添 11-13
2.3 評価方針	II-2-45-添 11-17
2.4 適用規格・基準等	II-2-45-添 11-18
2.5 評価に適用する確認用地震動	II-2-45-添 11-18
2.6 計算精度と数値の丸め方	II-2-45-添 11-18
3. 評価部位	II-2-45-添 11-19
4. 地震応答解析及び構造強度評価	II-2-45-添 11-19
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	II-2-45-添 11-19
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	II-2-45-添 11-20
4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	II-2-45-添 11-20
4.2.2 許容応力	II-2-45-添 11-20
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	II-2-45-添 11-22
4.3 解析モデル及び諸元	II-2-45-添 11-23
4.4 固有周期	II-2-45-添 11-26
4.5 設計用地震力	II-2-45-添 11-44
4.6 応力の評価	II-2-45-添 11-51
4.6.1 クレーン本体の応力評価	II-2-45-添 11-51
4.6.2 連結ボルトの応力評価	II-2-45-添 11-51
4.6.3 走行／横行浮上り防止治具の応力評価	II-2-45-添 11-52
4.6.3.1 走行／横行浮上り防止爪の応力評価	II-2-45-添 11-52
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 11-52
4.6.4 走行レール取付部材の応力評価	II-2-45-添 11-52
4.6.4.1 走行レールクリップの応力評価	II-2-45-添 11-52
4.6.4.2 走行レール基礎ボルトの応力評価	II-2-45-添 11-52
4.6.5 ワイヤロープ及びフックの評価	II-2-45-添 11-53
4.6.6 応力の評価方法	II-2-45-添 11-53
5. 評価結果	II-2-45-添 11-54
6. 応力の計算方法	II-2-45-添 11-55
6.1 クレーン本体の応力	II-2-45-添 11-55
6.2 連結ボルトの応力	II-2-45-添 11-57
6.3 走行浮上り防止治具の応力	II-2-45-添 11-60

6.4	横行浮上り防止治具の応力	.....	II-2-45-添	11-65
6.5	走行レール取付部材の応力	.....	II-2-45-添	11-68
6.6	吊具の荷重計算方法	.....	II-2-45-添	11-70

## 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。

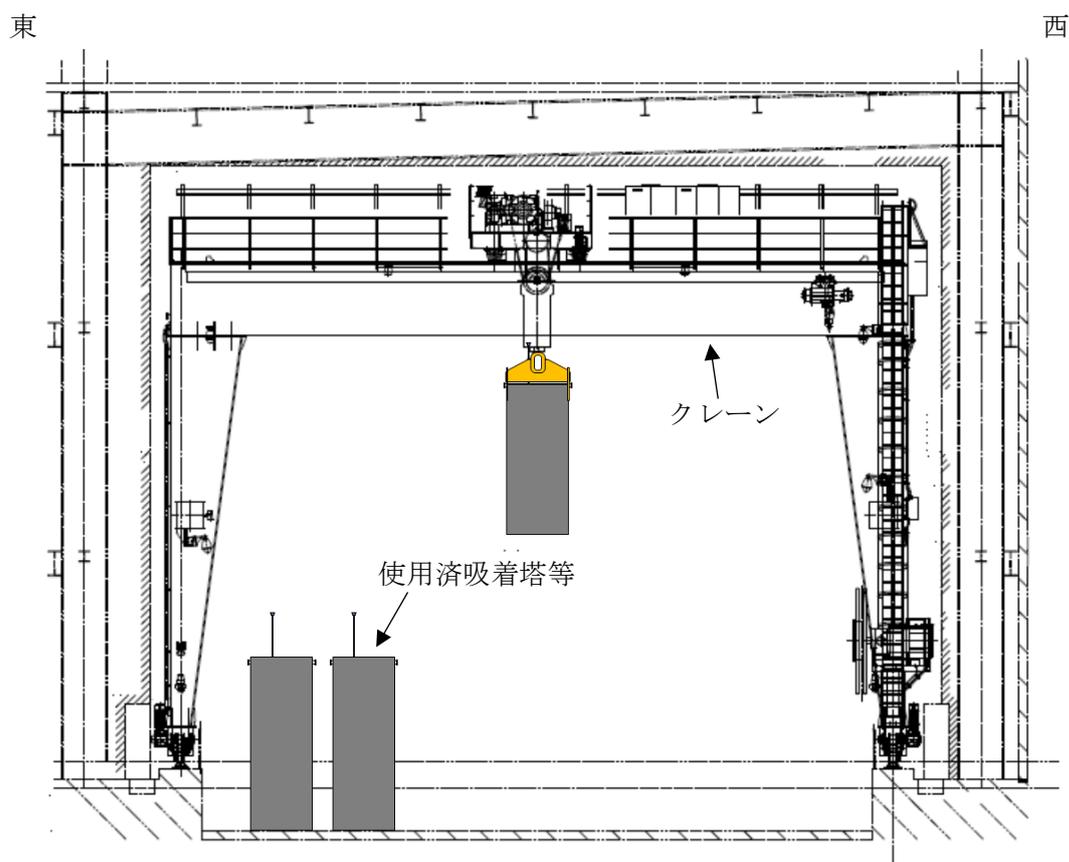


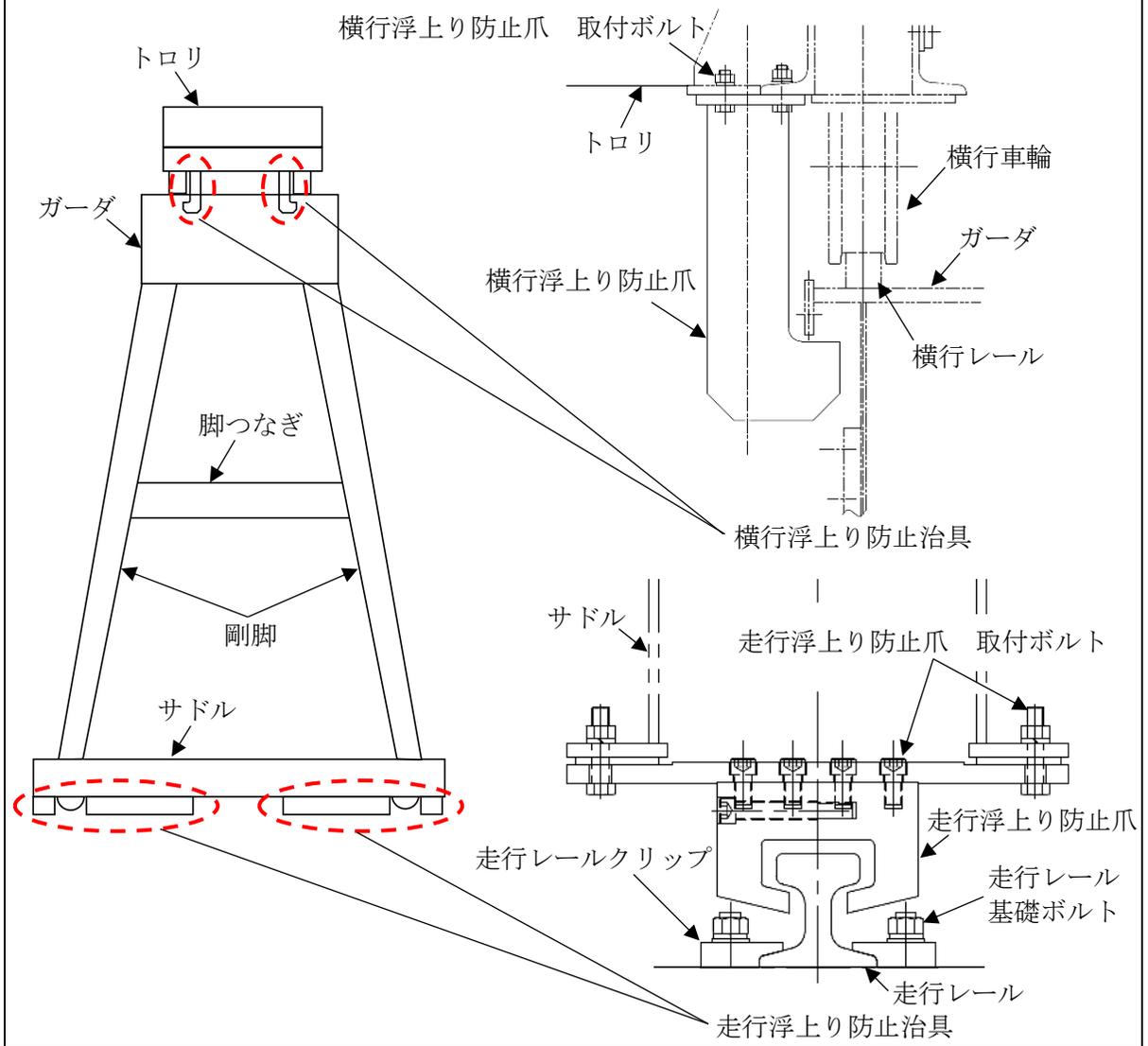
図 2-1 クレーンと使用済吸着塔等の位置関係図

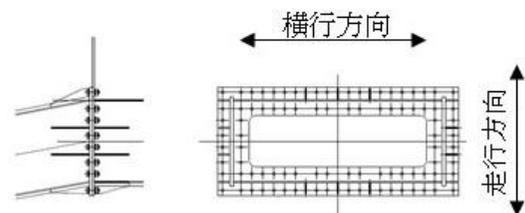
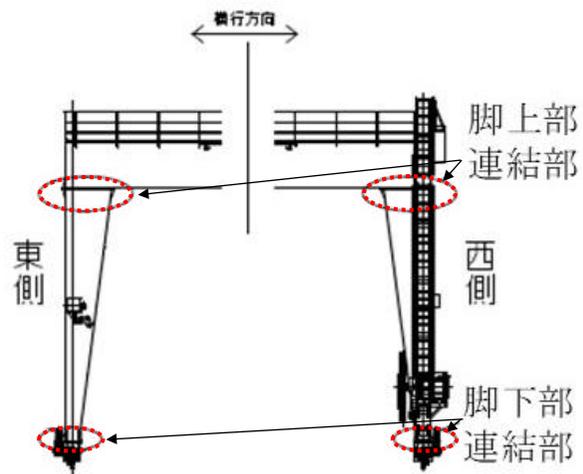
## 2.2 構造計画

クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

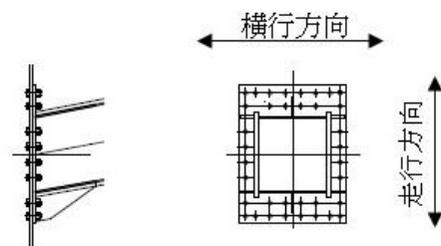
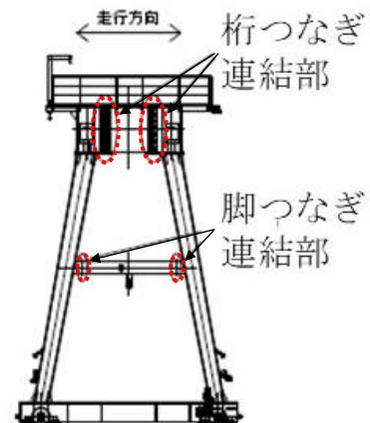
表 2-1 クレーンの構造計画

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>東 西</p> <p>16800</p> <p>13615</p> <p>トロリ</p> <p>ガーダ</p> <p>剛脚</p>	<p>北 南</p> <p>6500</p> <p>横行浮上り防止治具</p> <p>桁つなぎ</p> <p>脚つなぎ</p> <p>サドル</p> <p>走行浮上り防止治具</p>
		(単位 : mm)	

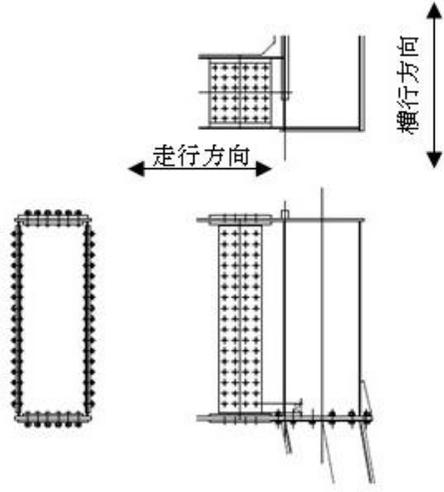




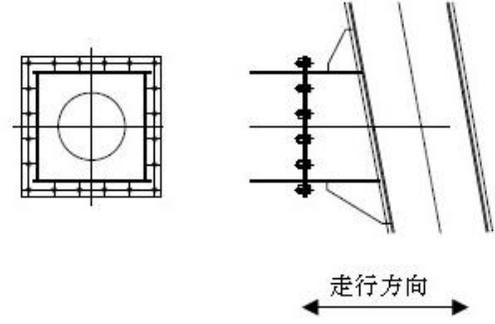
脚上部連結部



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 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。

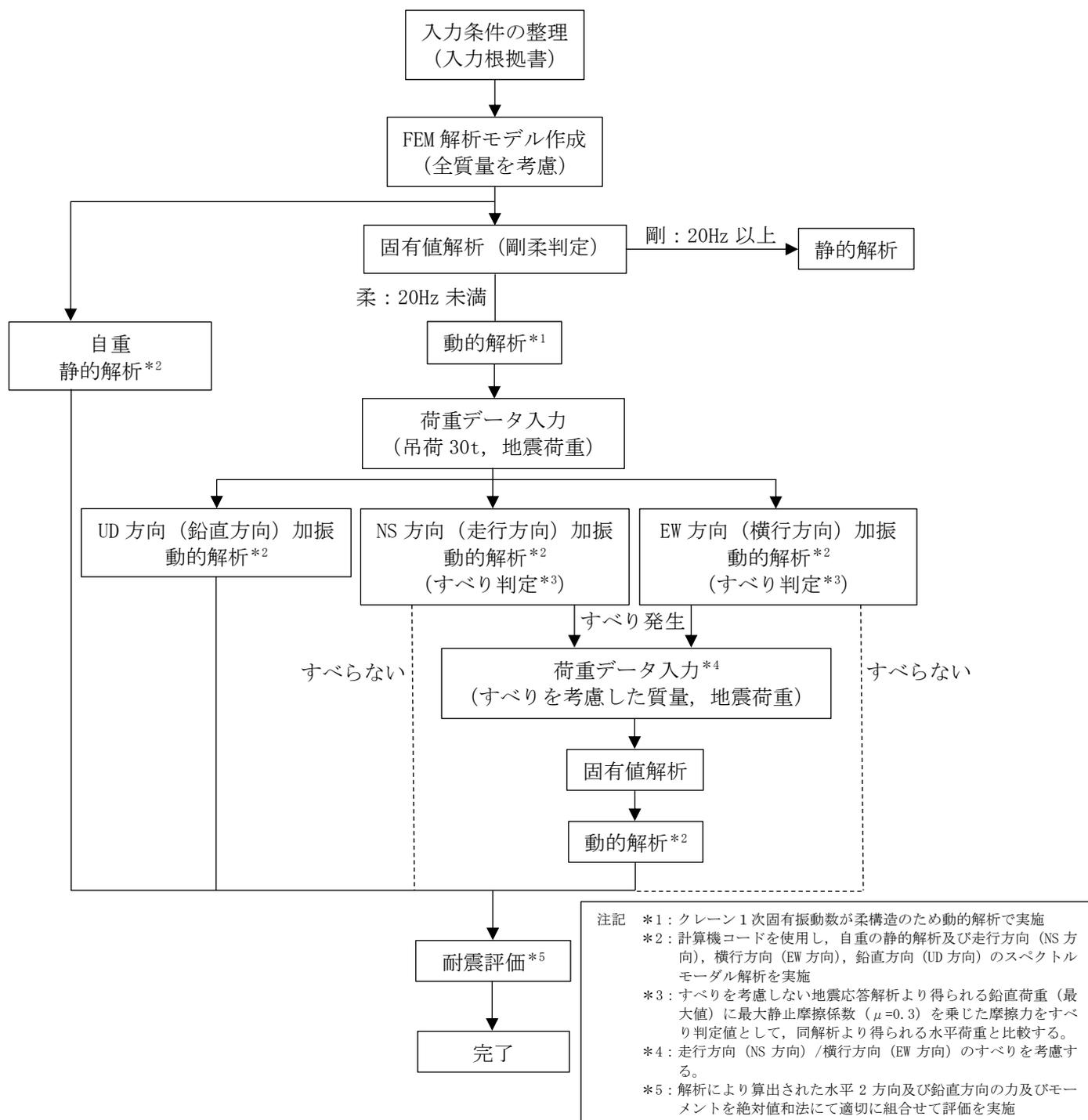


図 2-2 クレーンの耐震評価フロー

## 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と見做すため, 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	$1.5f_t^*$	$1.5f_c^*$	$1.5f_b^*$	$1.5f_s^*$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

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】

- $f_t^*$  : 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  $S_y$  を  $1.2S_y$  と読み替えて求めた許容引張応力
- $f_c^*$  : 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  $S_y$  を  $1.2S_y$  と読み替えて求めた許容圧縮応力
- $f_b^*$  : 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  $S_y$  を  $1.2S_y$  と読み替えて求めた許容曲げ応力
- $f_s^*$  : 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  $S_y$  を  $1.2S_y$  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)	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$\min(1.2S_y, 0.7S_u)$ (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 :  $S_y$  値・ $S_u$  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 :  $S_y$  値・ $S_u$  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			$1.471 \times 10^6$
フック	S35C	54			$1.471 \times 10^6$

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、「N A S T R A N」を使用し、固有値及び荷重を求める。

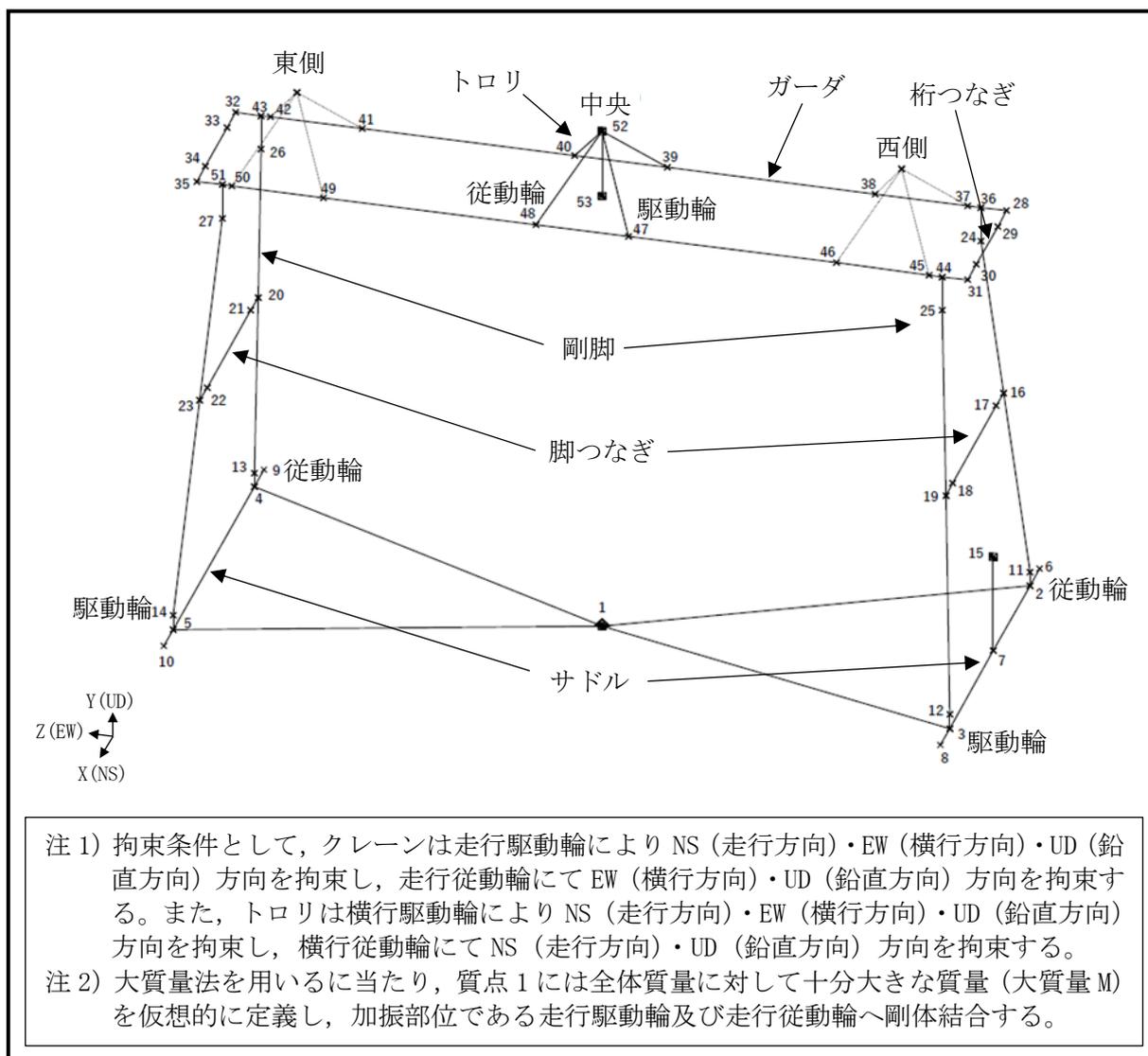


図 4-1 クレーン解析モデル図

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	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
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。

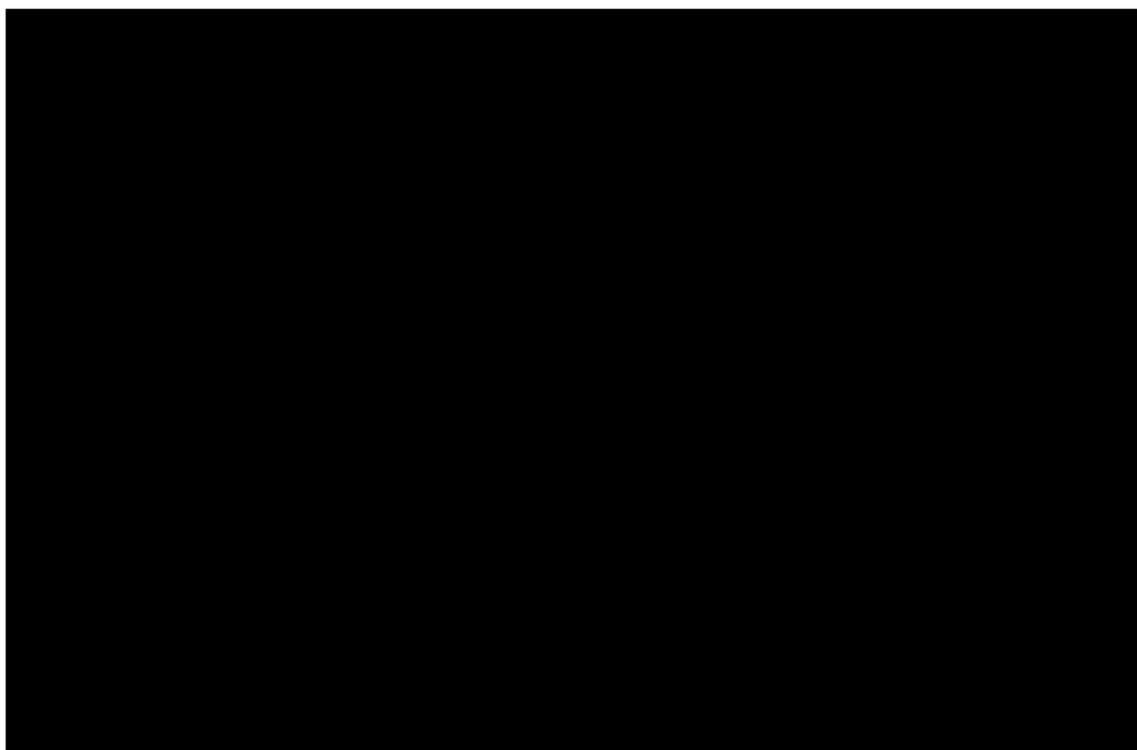


図 4-2(1) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：NS 方向））

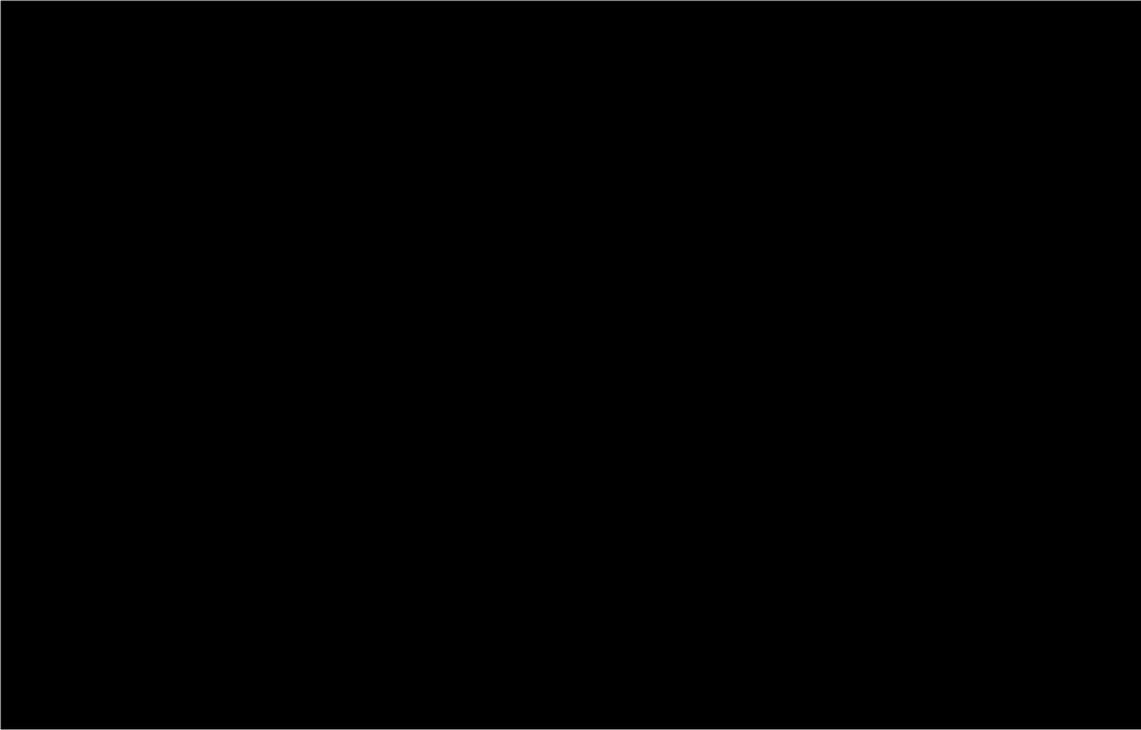


図 4-2(2) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))

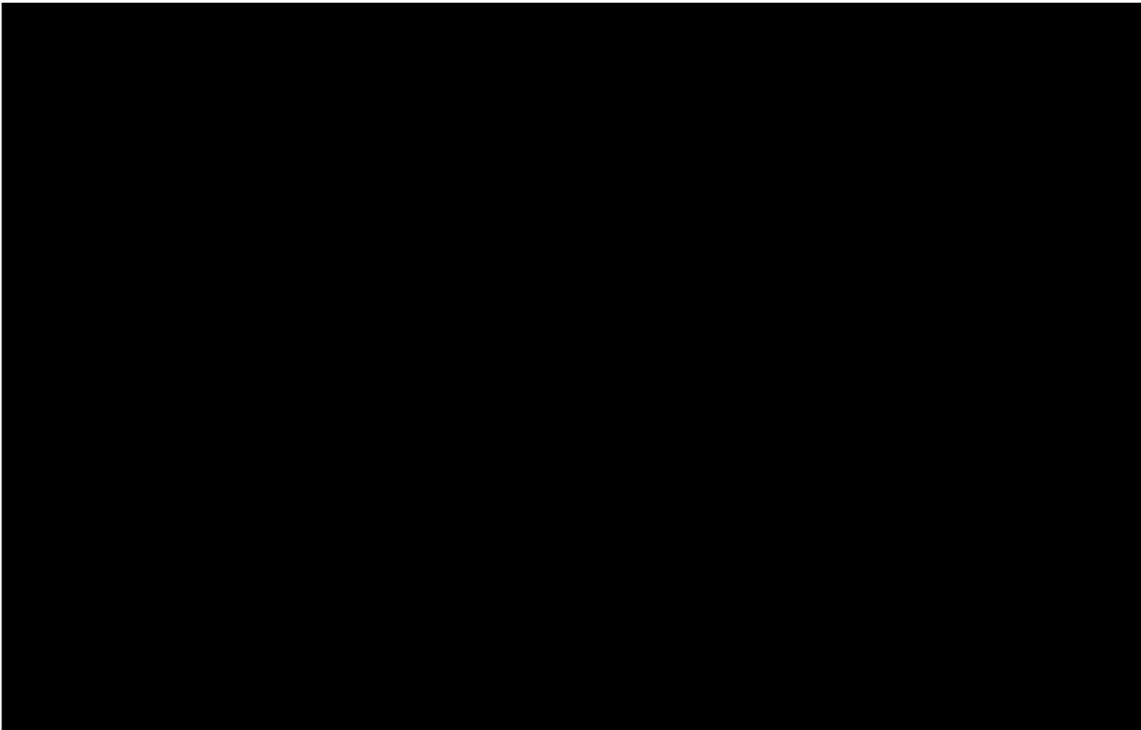


図 4-2(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))

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。

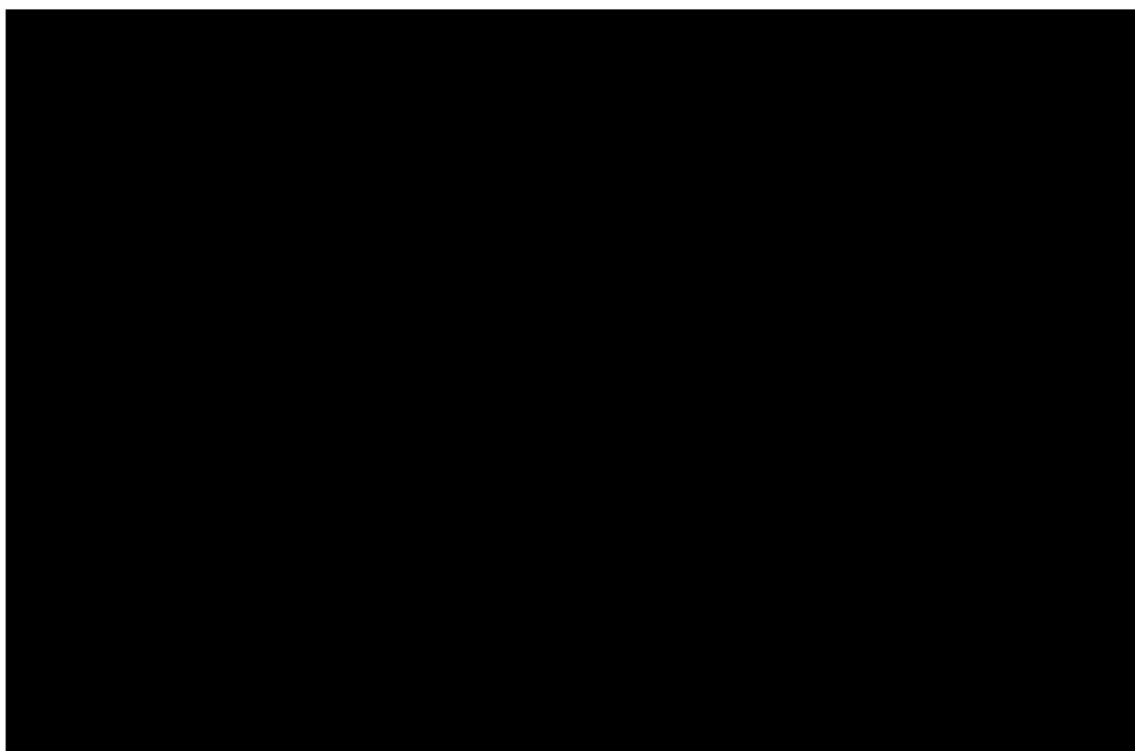


図 4-3(1) 振動モード図（評価ケース No.1（トロリ位置：中央，加振方向：EW 方向））



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))

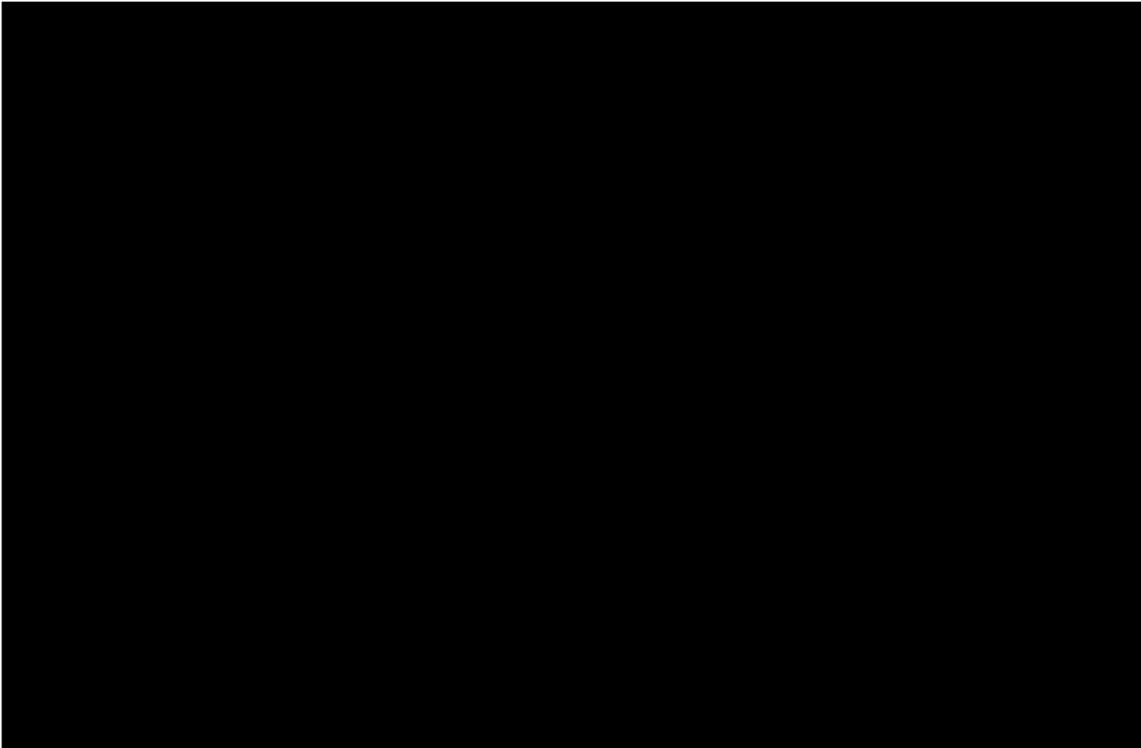


図 4-3(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : EW 方向))

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。

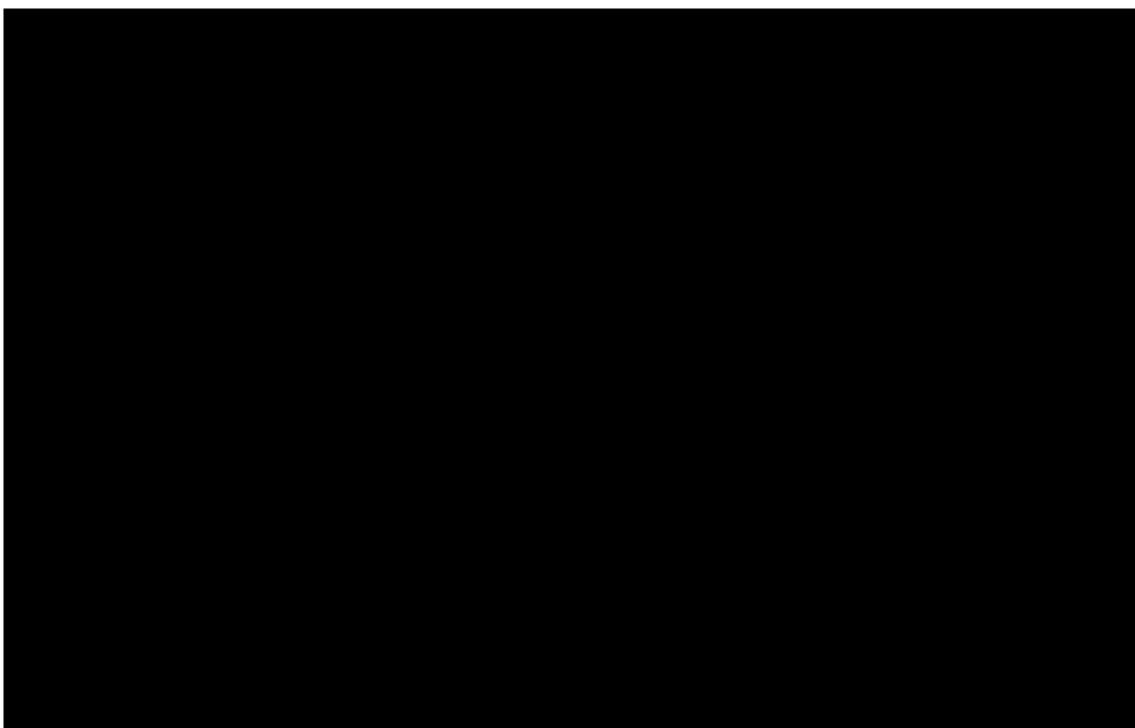


図 4-4(1) 振動モード図（評価ケース No.1（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向））

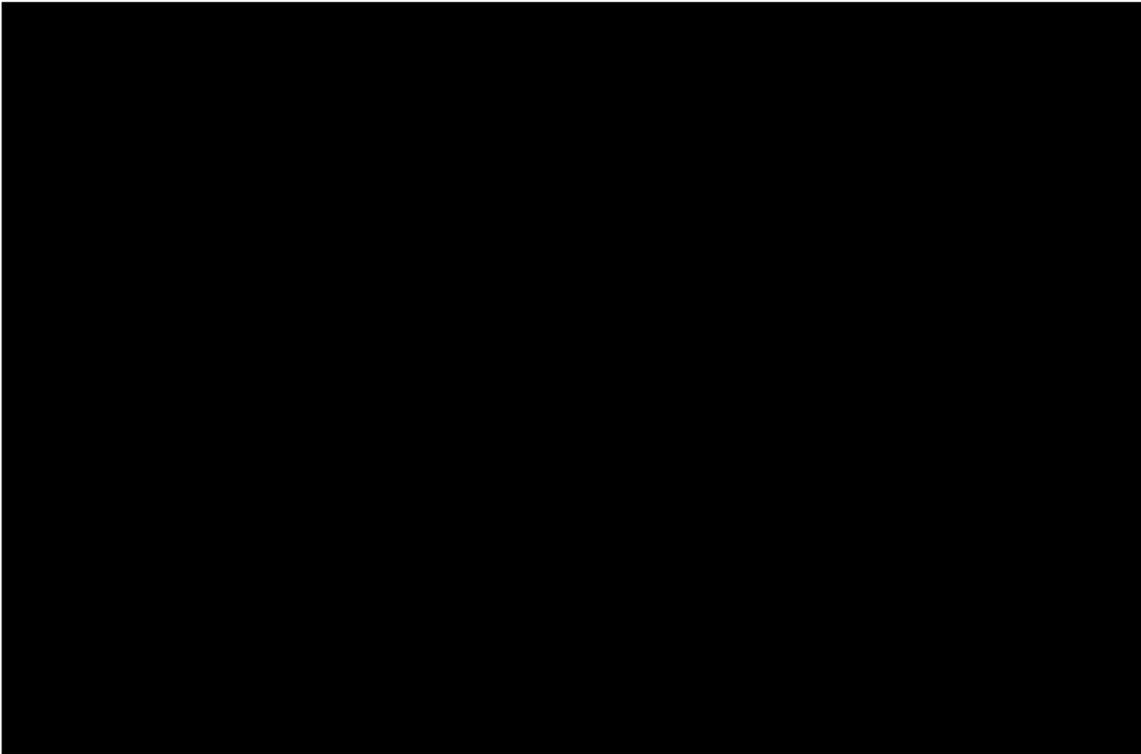


図 4-4(2) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : UD 方向))

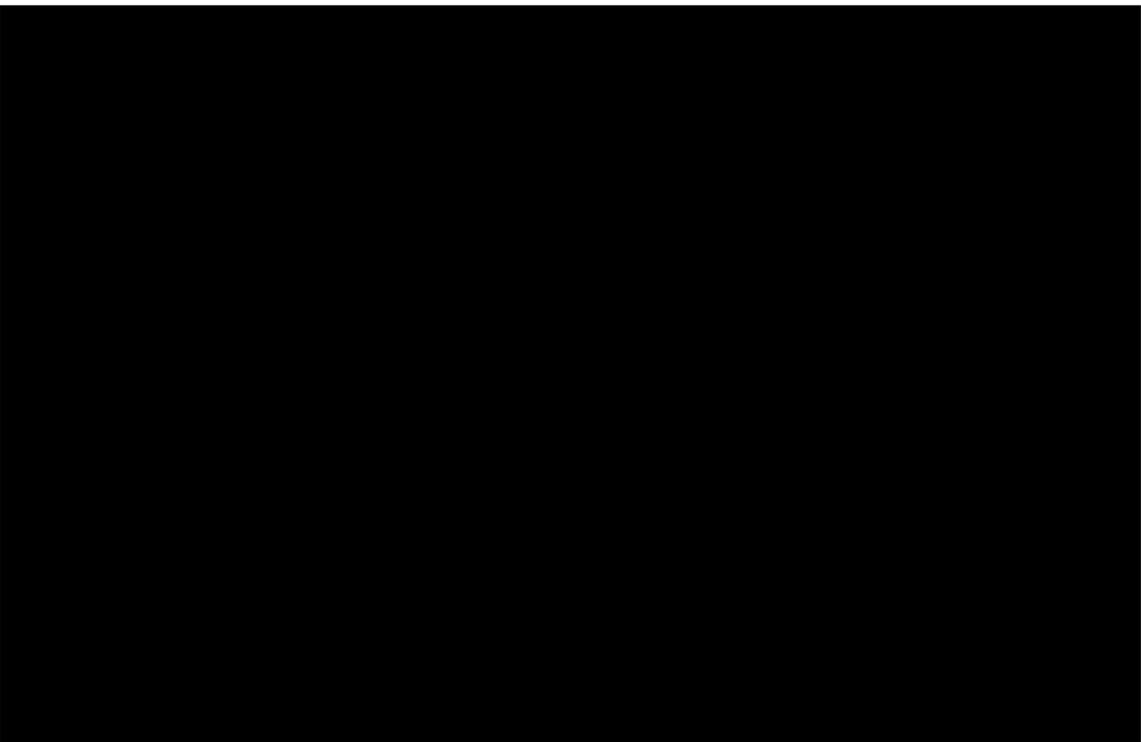


図 4-4(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : UD 方向))

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。

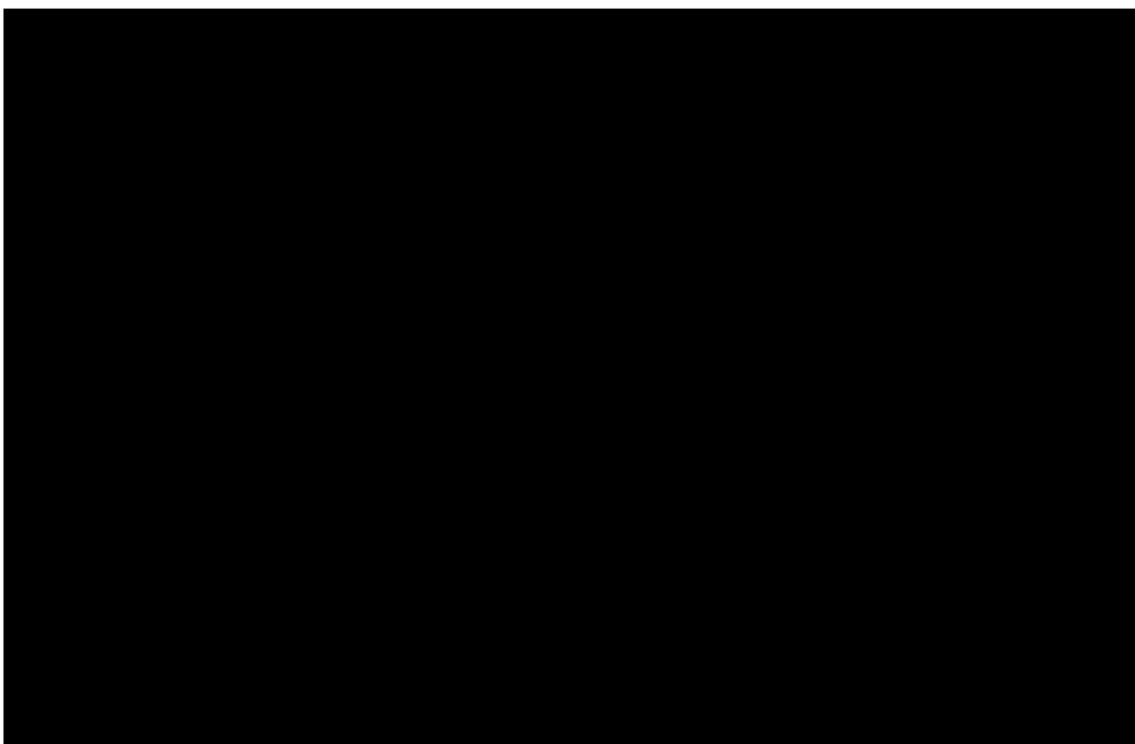


図 4-5(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向））

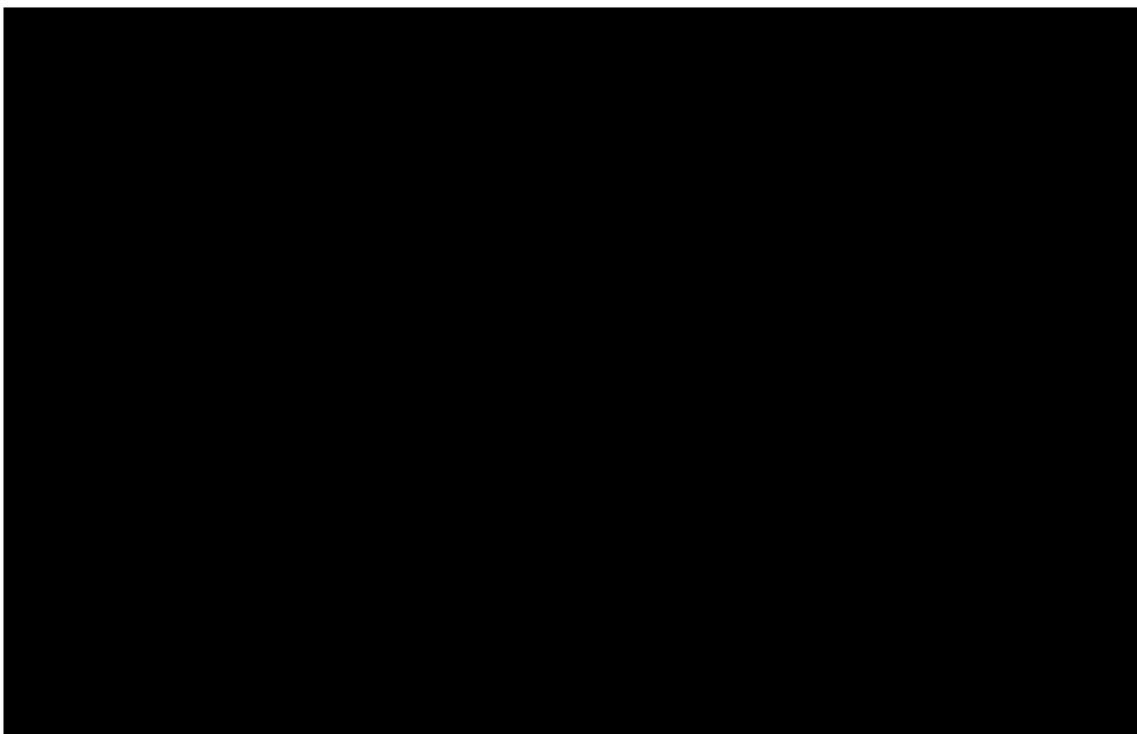


図 4-5(2) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : NS 方向))

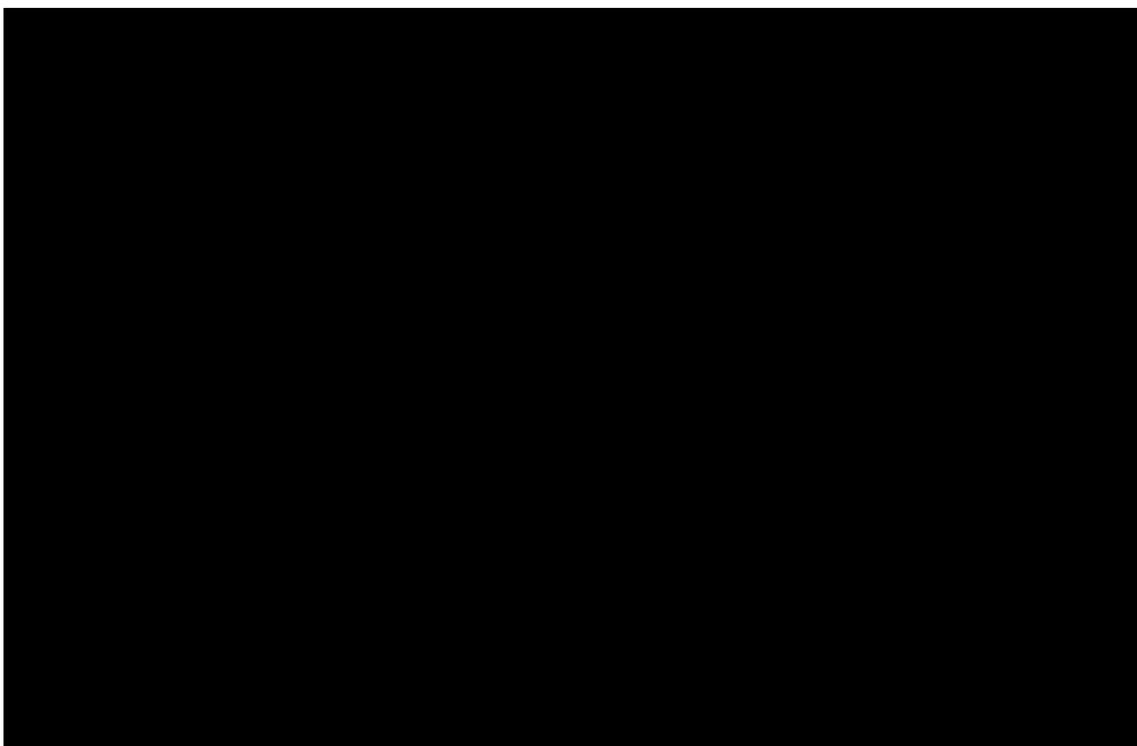


図 4-5(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : NS 方向))

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。

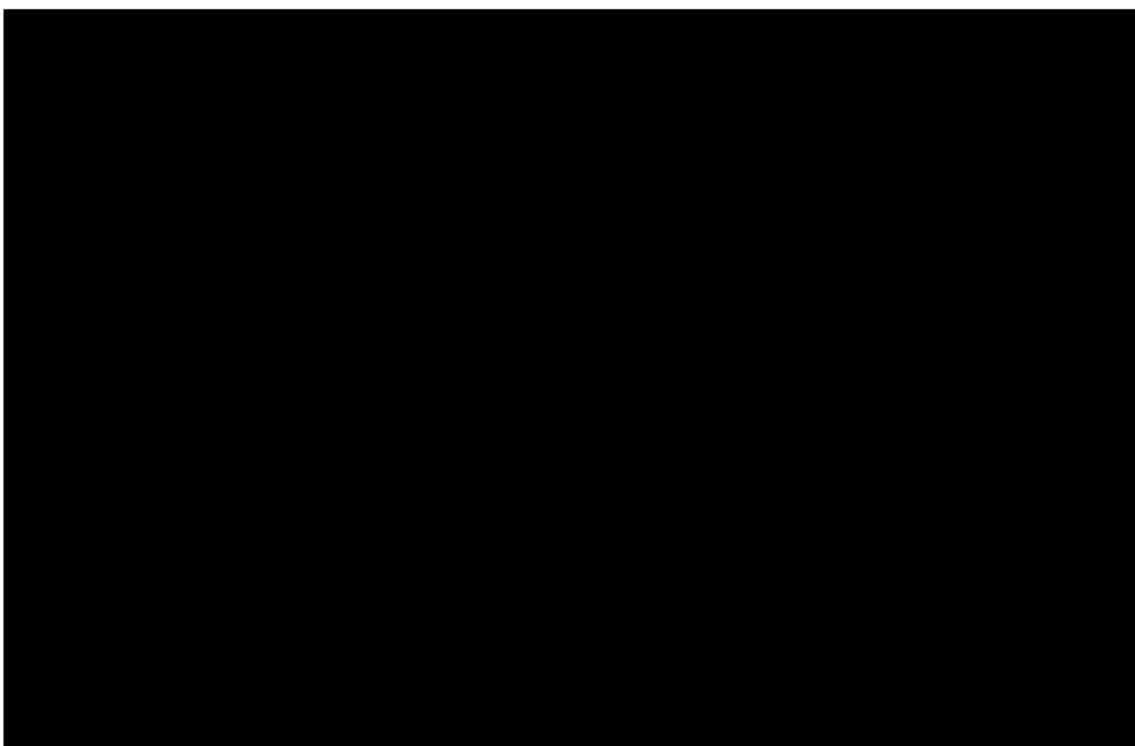


図 4-6(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：EW 方向））



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))

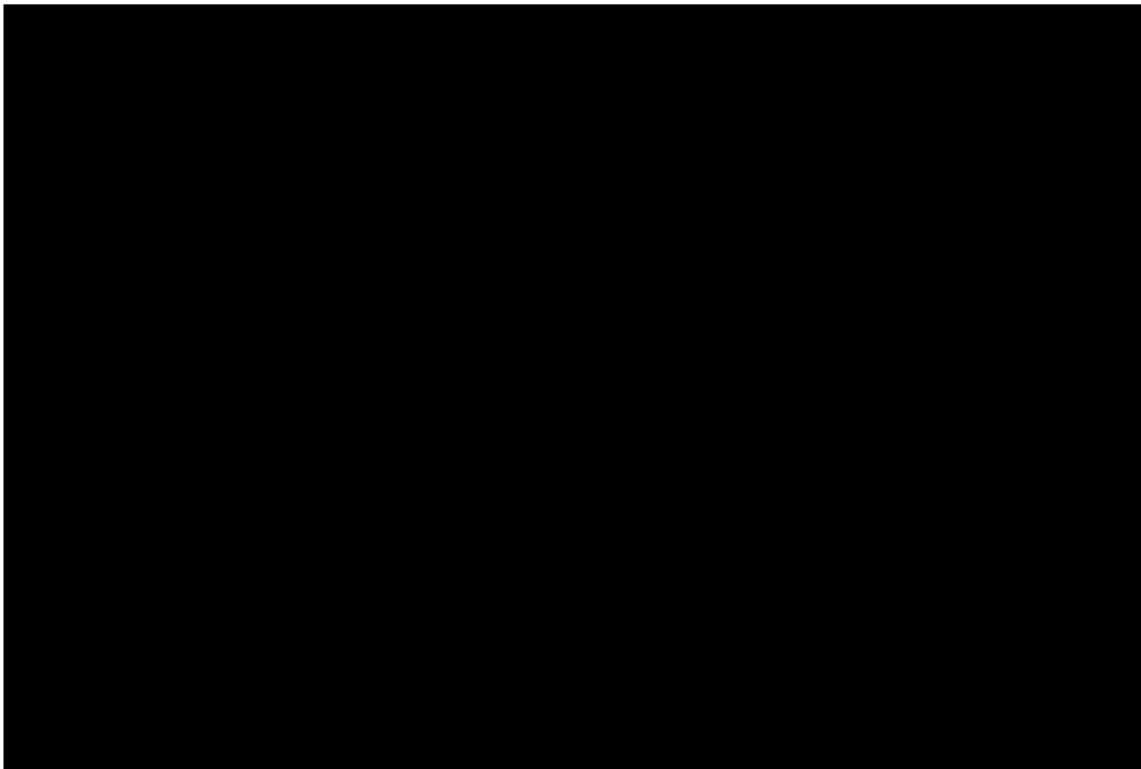


図 4-6(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : EW 方向))

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。

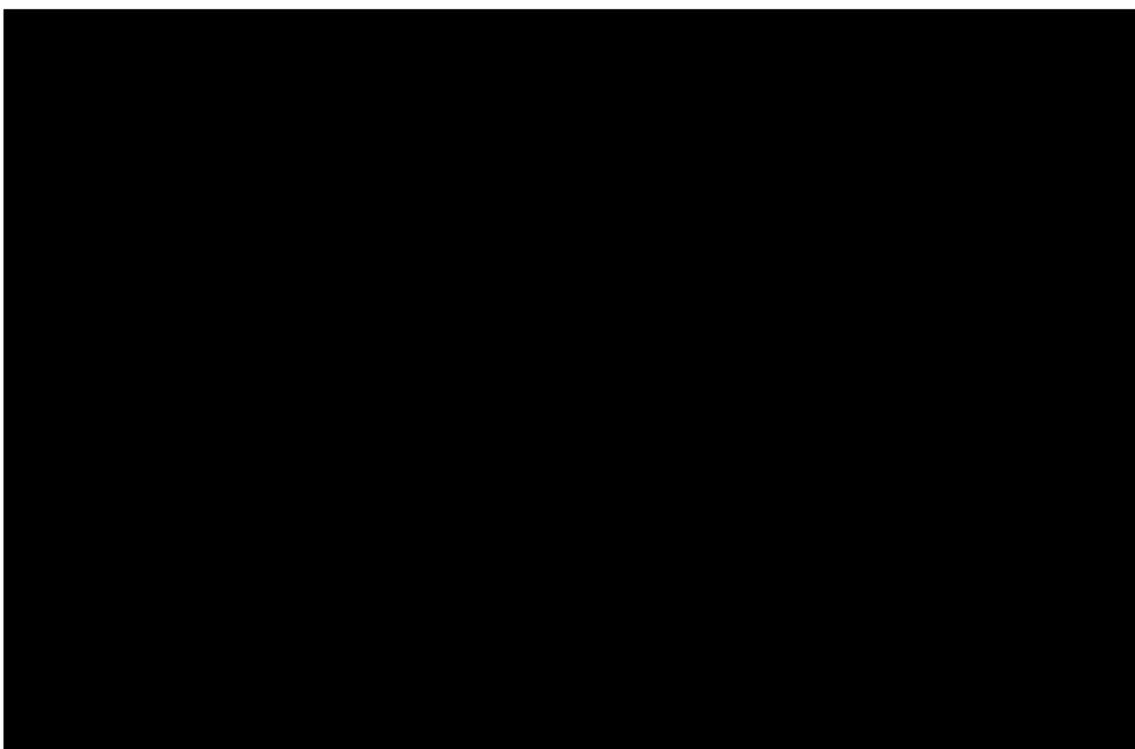


図 4-7(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：UD 方向））



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))

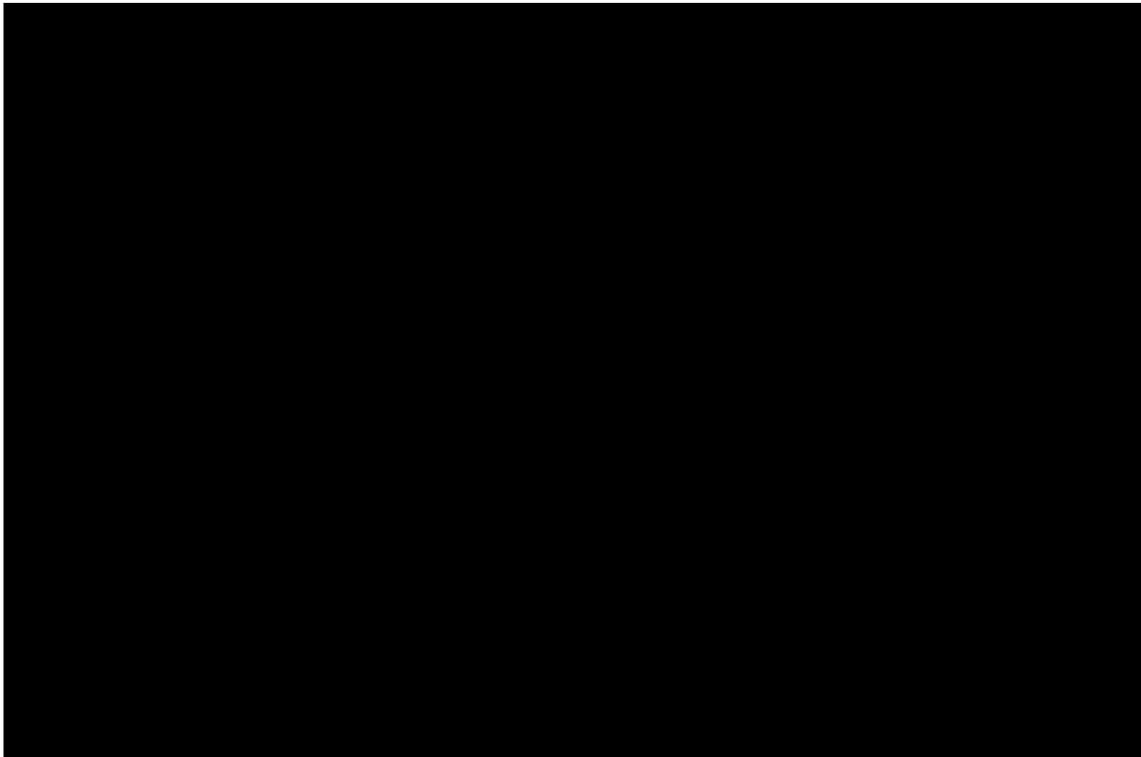


図 4-7(3) 振動モード図 (評価ケース No. 2 (トロリ位置 : 東側, 加振方向 : UD 方向))

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。

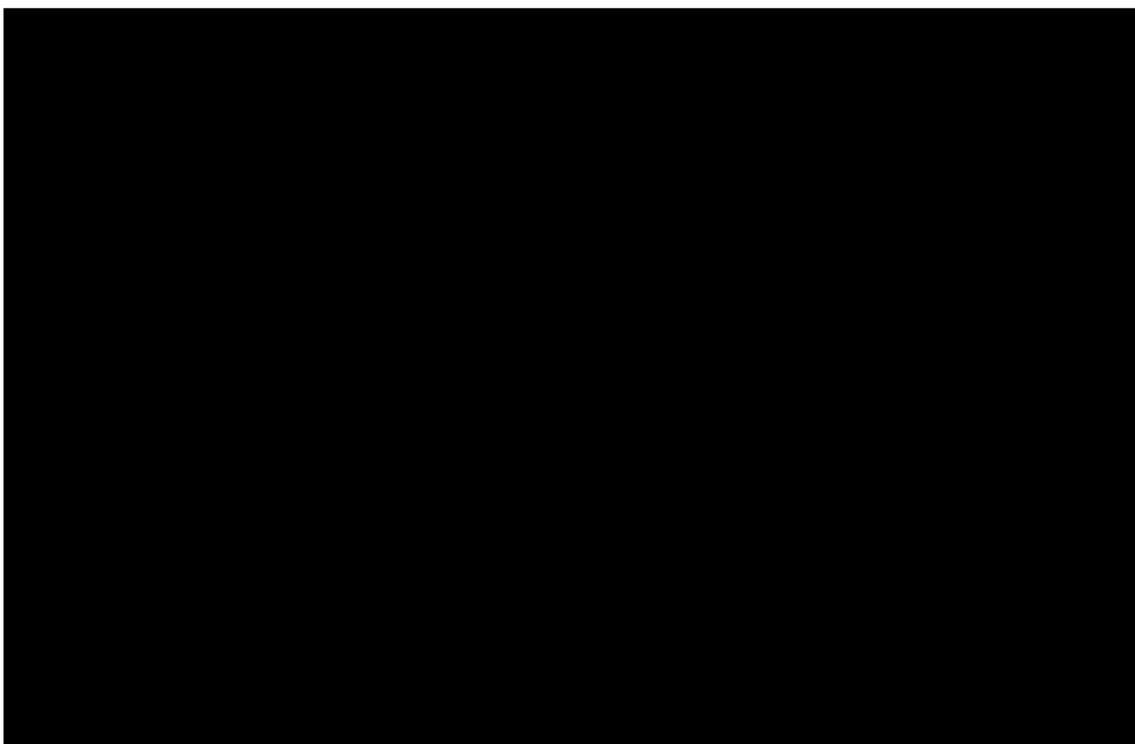


図 4-8(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：NS 方向））

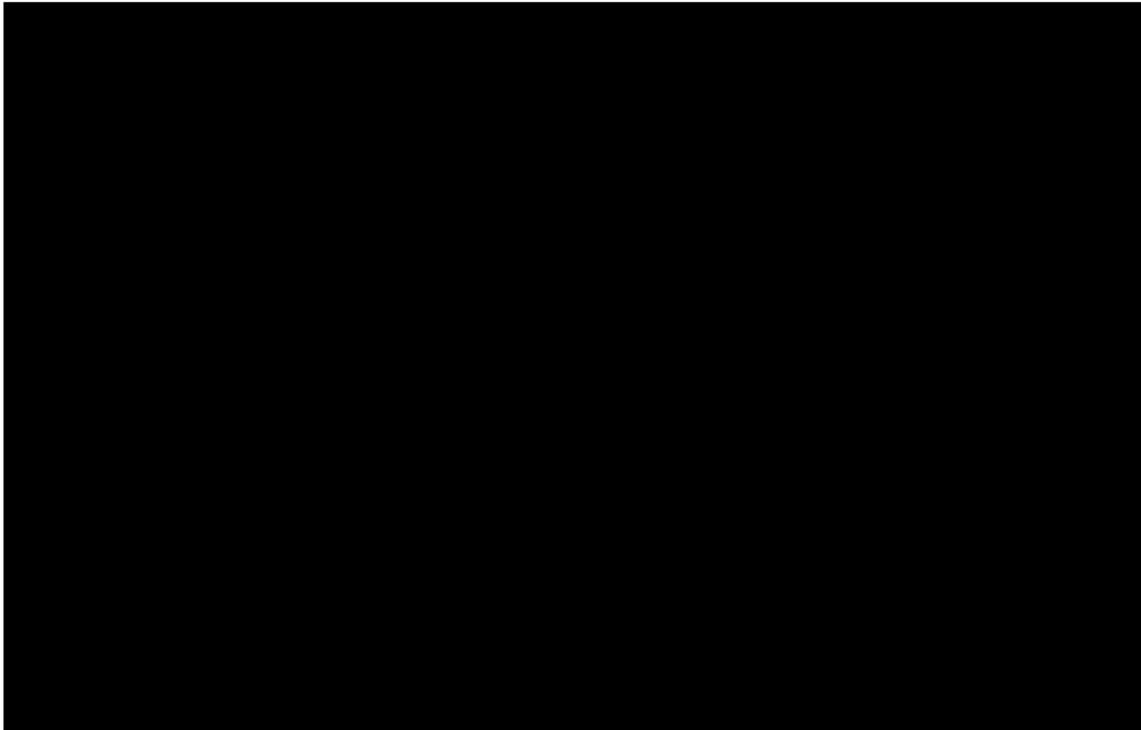


図 4-8(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向))

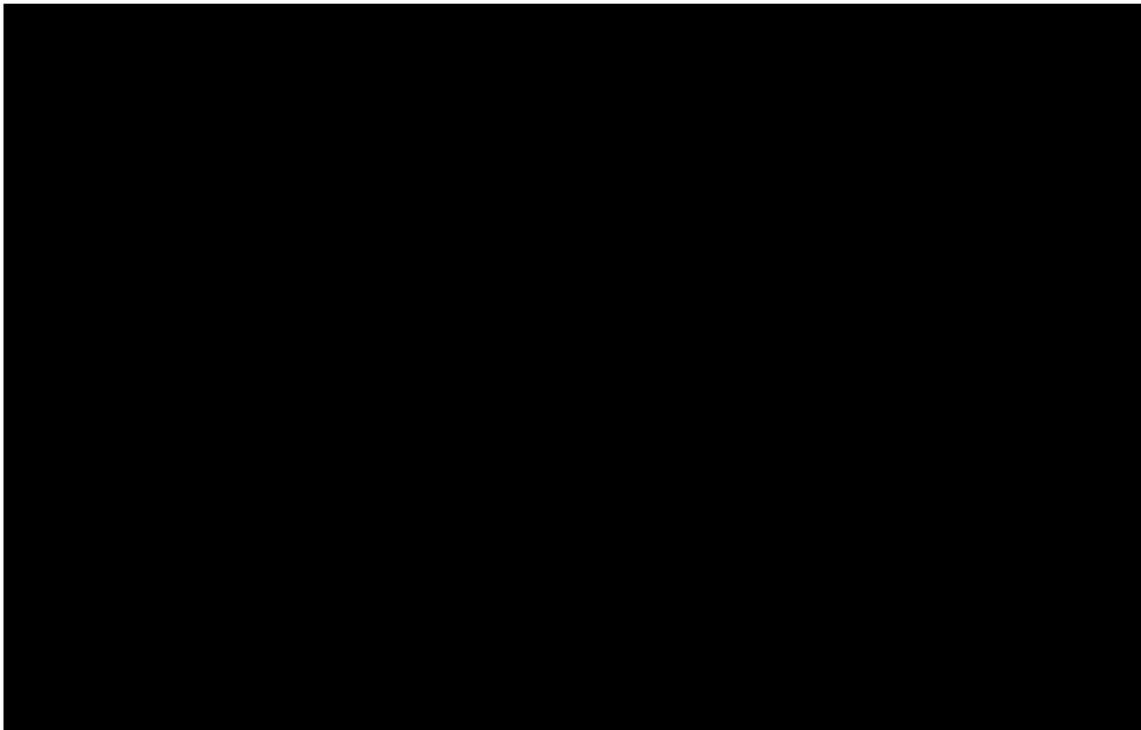


図 4-8(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : NS 方向))

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。

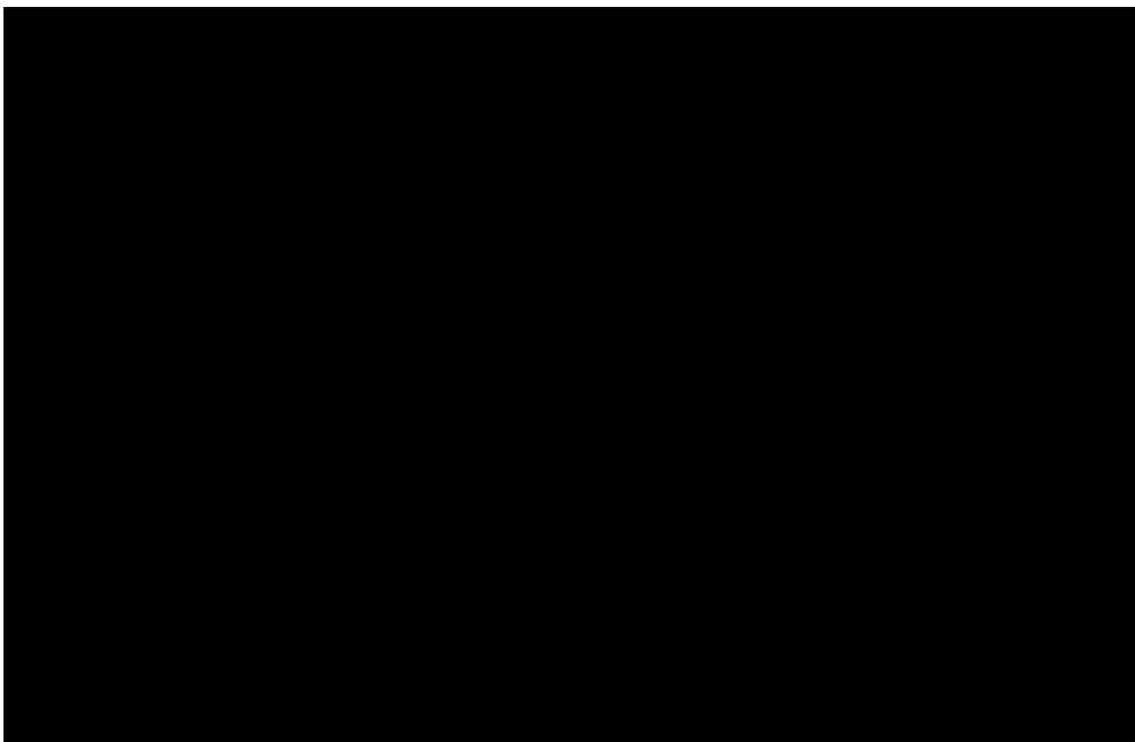


図 4-9(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：EW 方向））

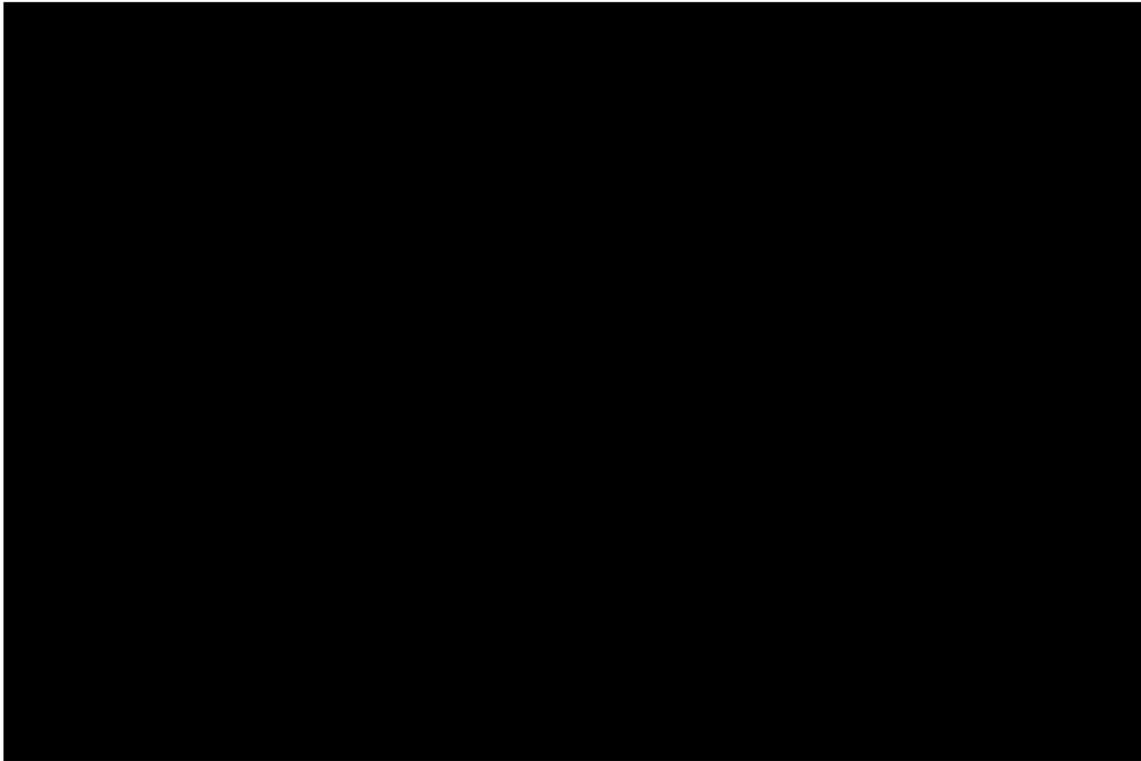


図 4-9(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向))

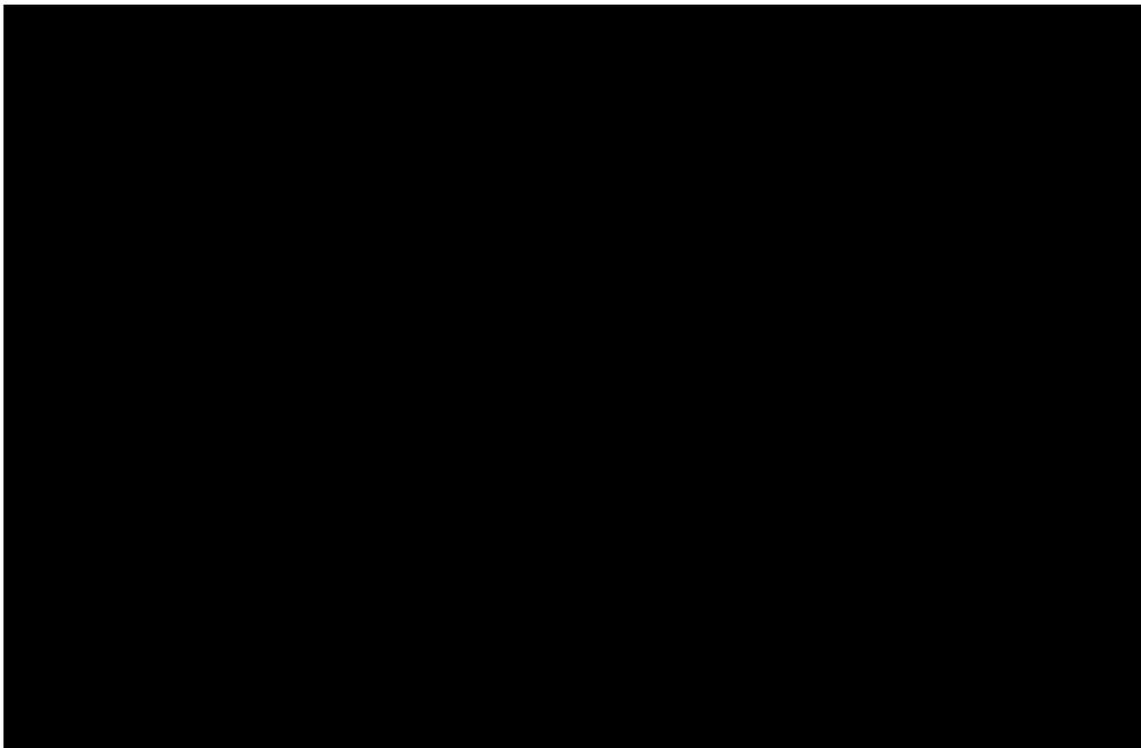


図 4-9(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : EW 方向))

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。

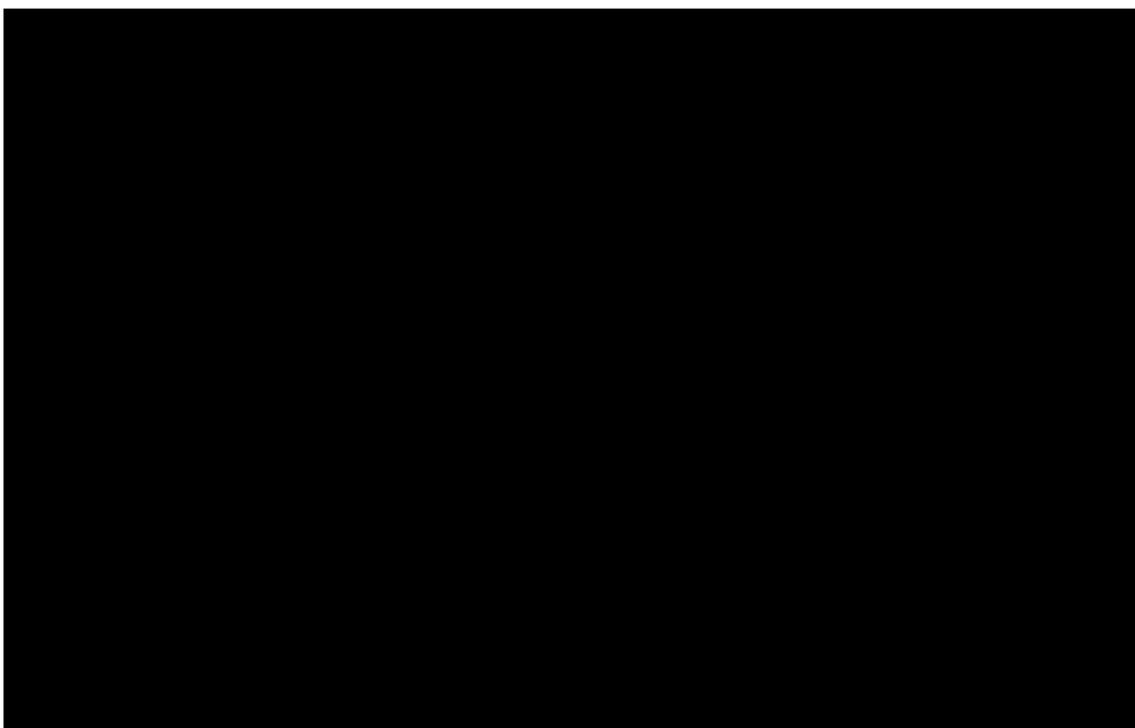


図 4-10(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：UD 方向））

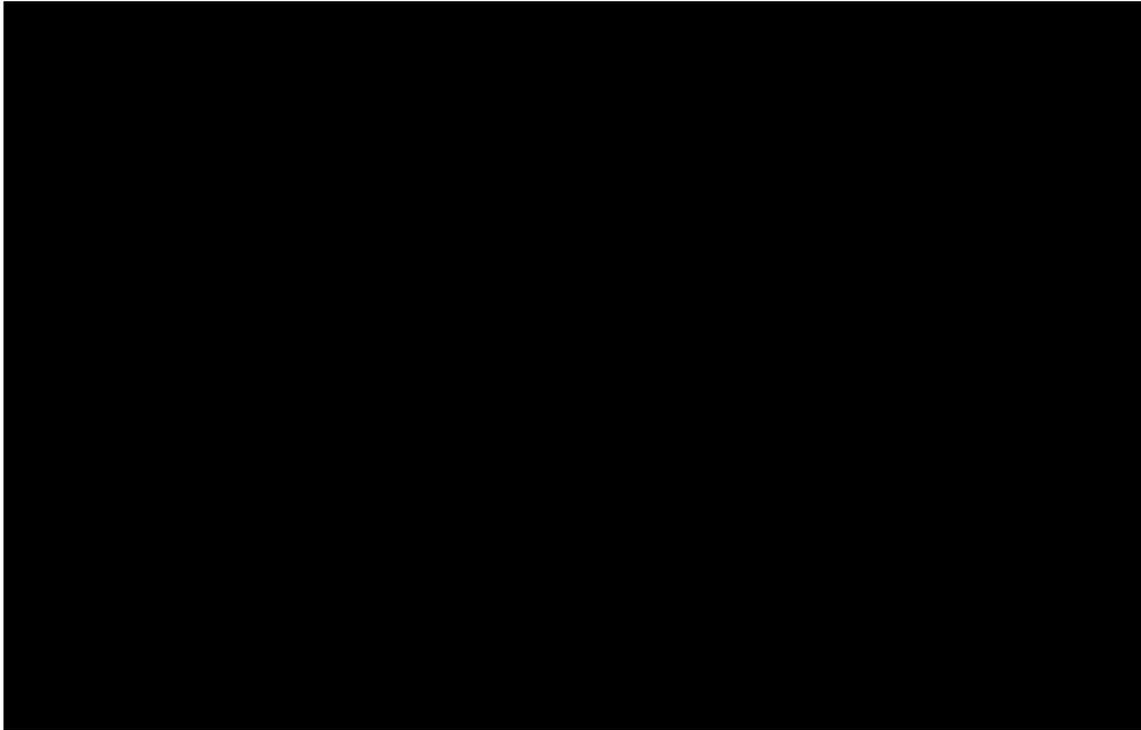


図 4-10(2) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向))

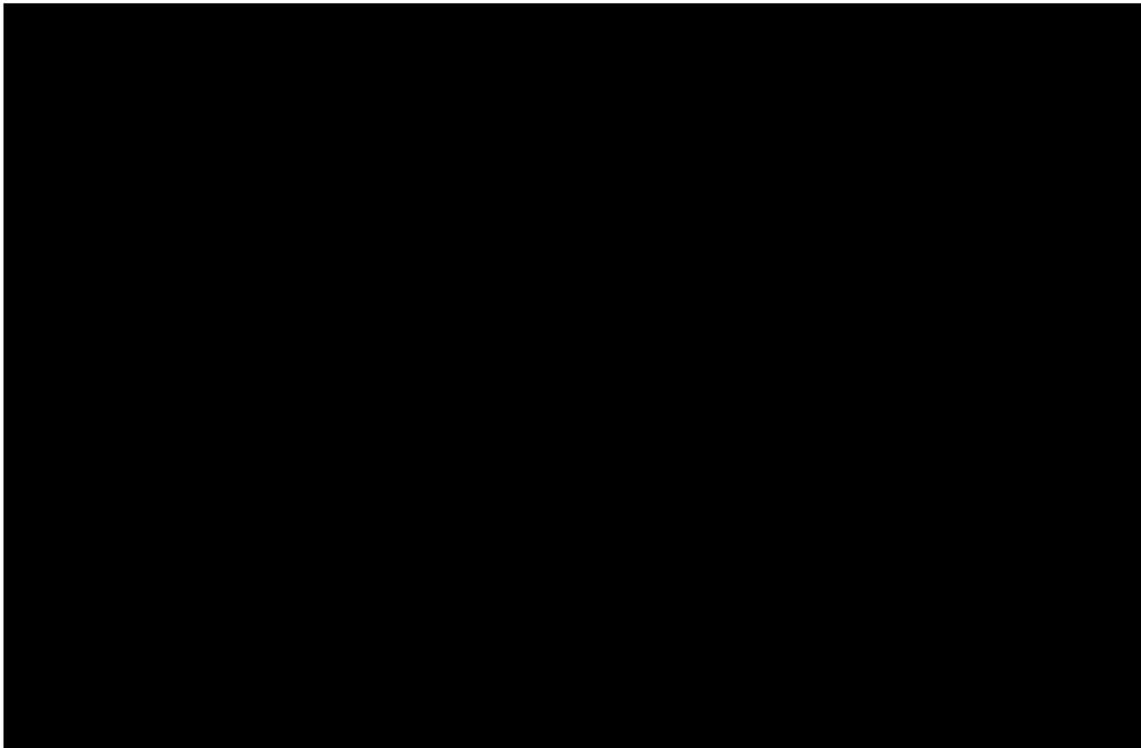


図 4-10(3) 振動モード図 (評価ケース No. 3 (トロリ位置 : 西側, 加振方向 : UD 方向))

#### 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（トロリ位置：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* <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 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（トロリ位置：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 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 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 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 (トロリ位置: 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 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* <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)

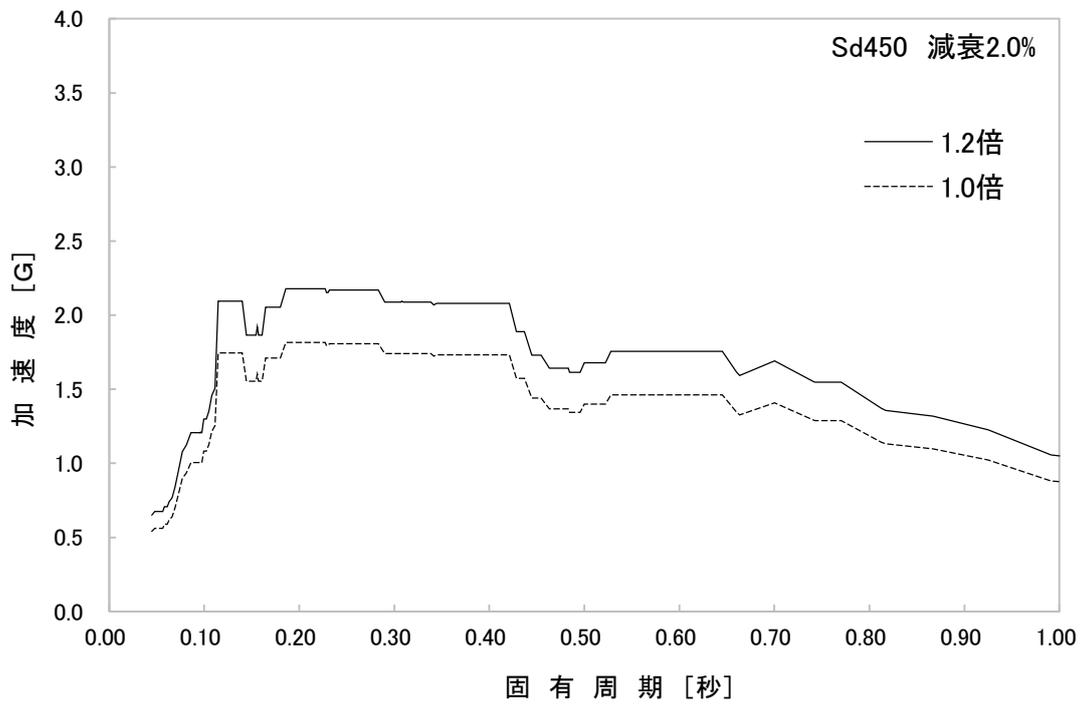
据付場所及び床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* <sup>1</sup>		
固有周期 (s)		NS 方向: 0.196 EW 方向: 0.295 UD 方向: 0.060		
減衰定数 (%)		水平: 2.0 鉛直: 2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.196	—	2.27	—
3 次	0.140	—	1.81	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.079	—	0.92	—
6 次	0.074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

注記 \*1: 基準床レベルを示す。

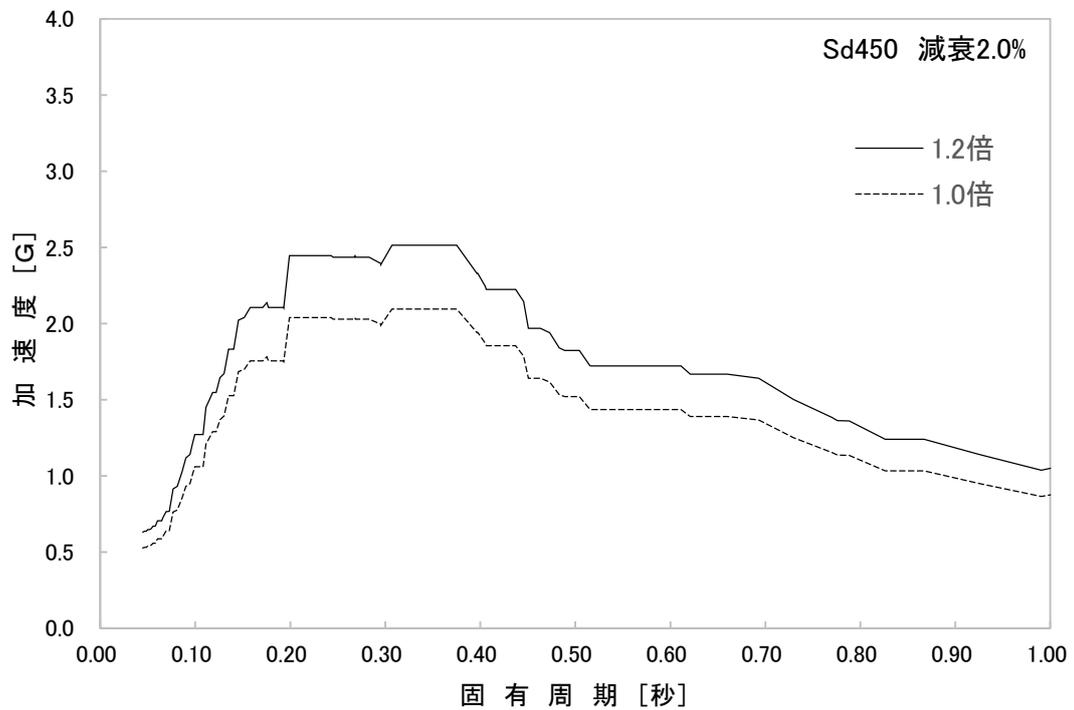
表 4-17(9) 設計用地震力（トロッリ位置：西側，加振方向：UD 方向）

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

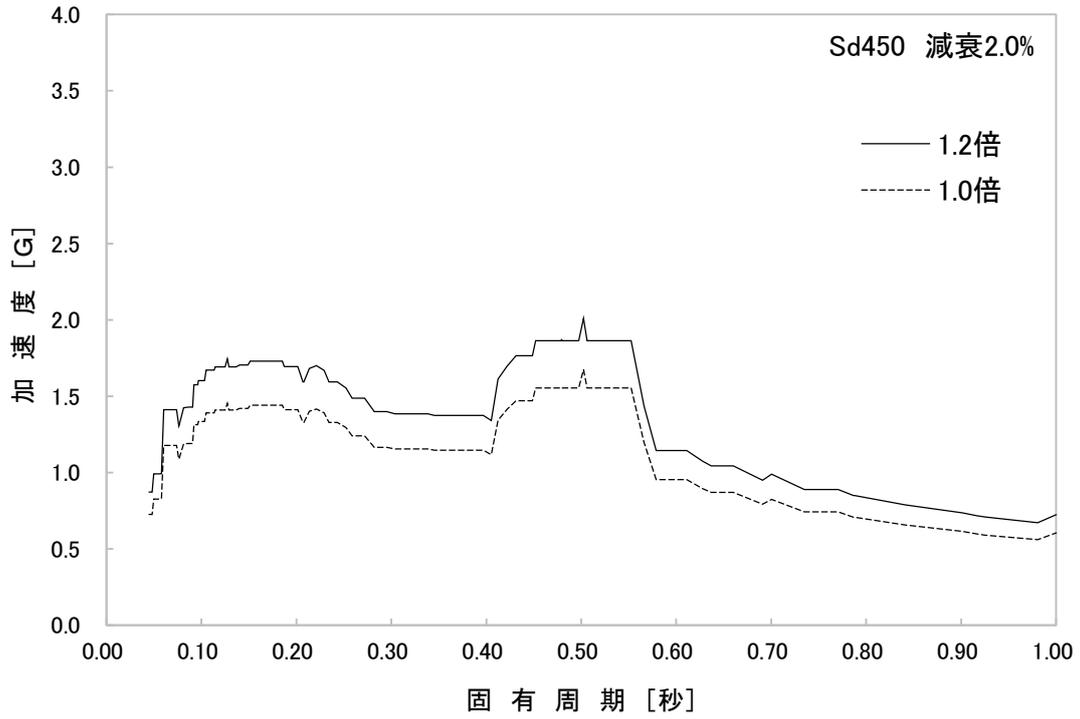
注記 \*1：基準床レベルを示す。



(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)



(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 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 $f_b$	$\text{Min} \left( \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{I_b \cdot h}, \frac{F^*}{1.5} \right) \cdot 1.5$
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 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、

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

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 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、

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

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		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
			せん断	393
		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
			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 × 10 <sup>6</sup>	1.471 × 10 <sup>6</sup>
フック	S35C	支持荷重	1.042 × 10 <sup>6</sup>	1.471 × 10 <sup>6</sup>

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： $\sigma_{t1}$

$$\sigma_{t1} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.1.1)$$

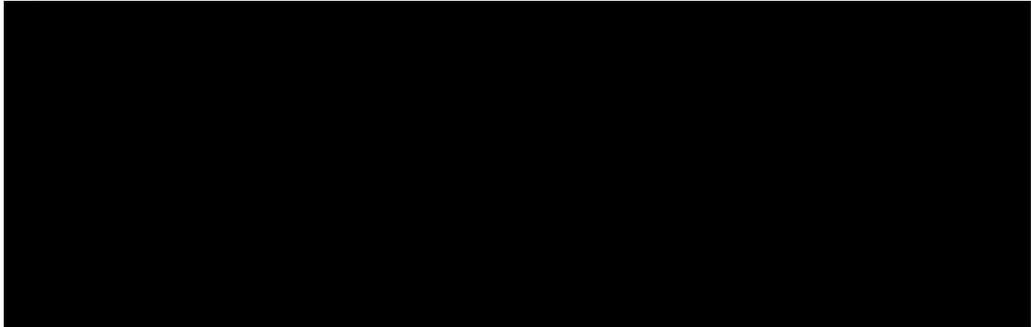
$\sigma_{t1}$  : クレーン本体部材に作用する引張応力 45 (MPa)



(2) せん断応力： $\tau_1$

$$\tau_1 = \blacksquare \dots\dots\dots (6.1.2)$$

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



(3) 圧縮応力： $\sigma_{c1}$

$$\sigma_{c1} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.1.3)$$

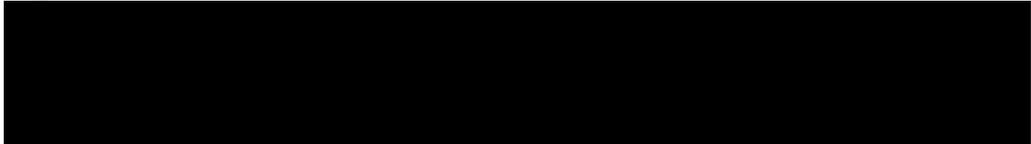
$\sigma_{c1}$  : クレーン本体部材に作用する圧縮応力 45 (MPa)



(4) 曲げ応力： $\sigma_{b1}$

$$\sigma_{b1} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.1.4)$$

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



(5) 組合せ応力

a. 組合せ軸応力： $\sigma_1$

$$\sigma_1 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.1.5)$$

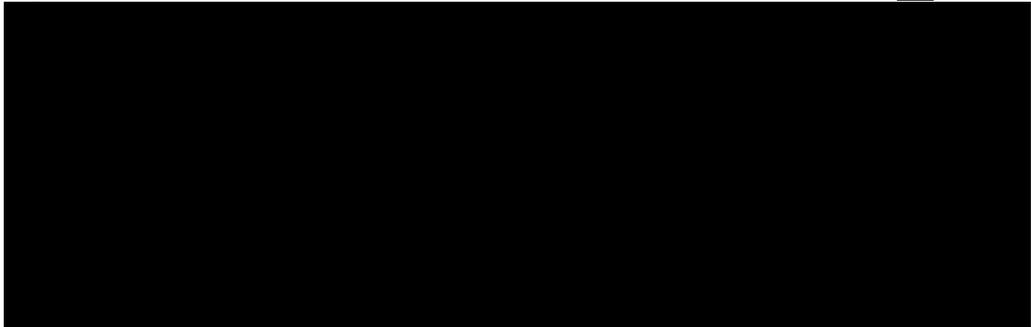
$\sigma_1$  : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力 [redacted] (MPa)



b. せん断応力： $\tau_1$

$$\tau_1 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.1.6)$$

$\tau_1$  : 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： $\sigma_{k1}$

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

$\sigma_{k1}$  : 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)

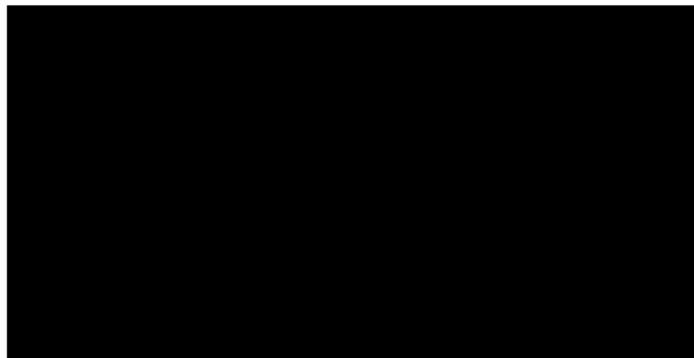


図 6-1 クレーン本体部材の軸方向

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ド解析により求める。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： $\sigma_{t2}$

$$\sigma_{t2} = \text{[Redacted]} \dots\dots\dots (6.2.1)$$

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

[Redacted]

b. せん断応力： $\sigma_{s1}$

$$\sigma_{s1} = \text{[Redacted]} \dots\dots\dots (6.2.2)$$

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

[Redacted]

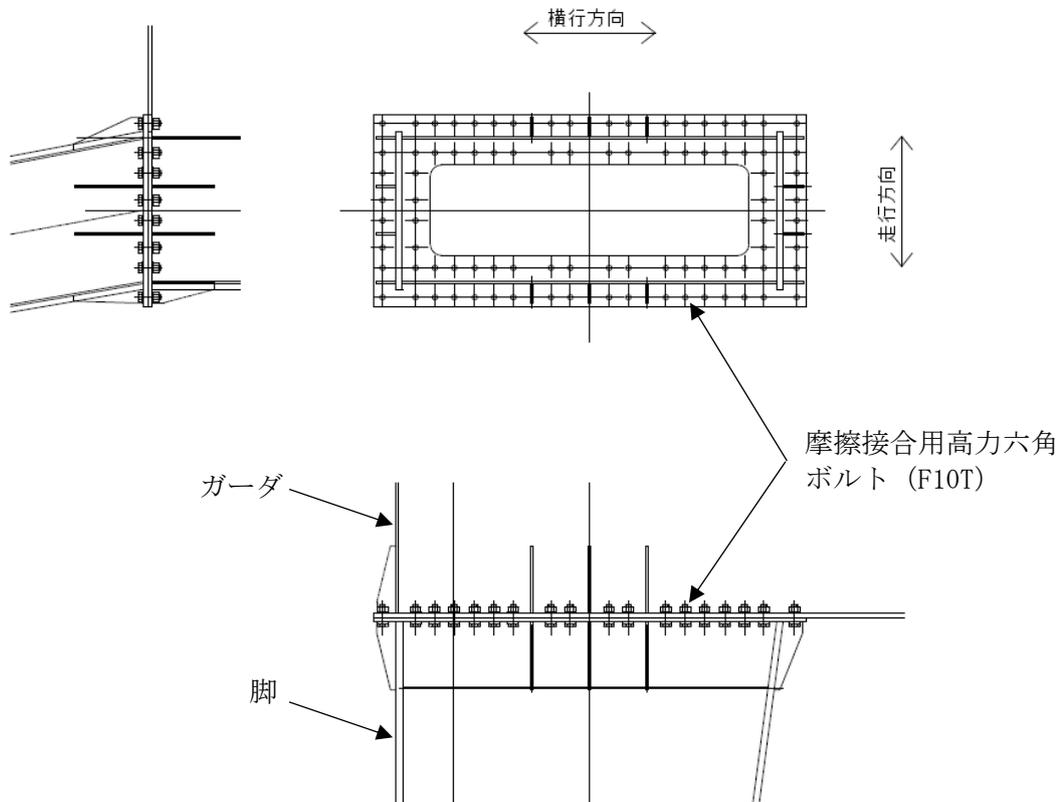


図 6-2 脚上部連結部

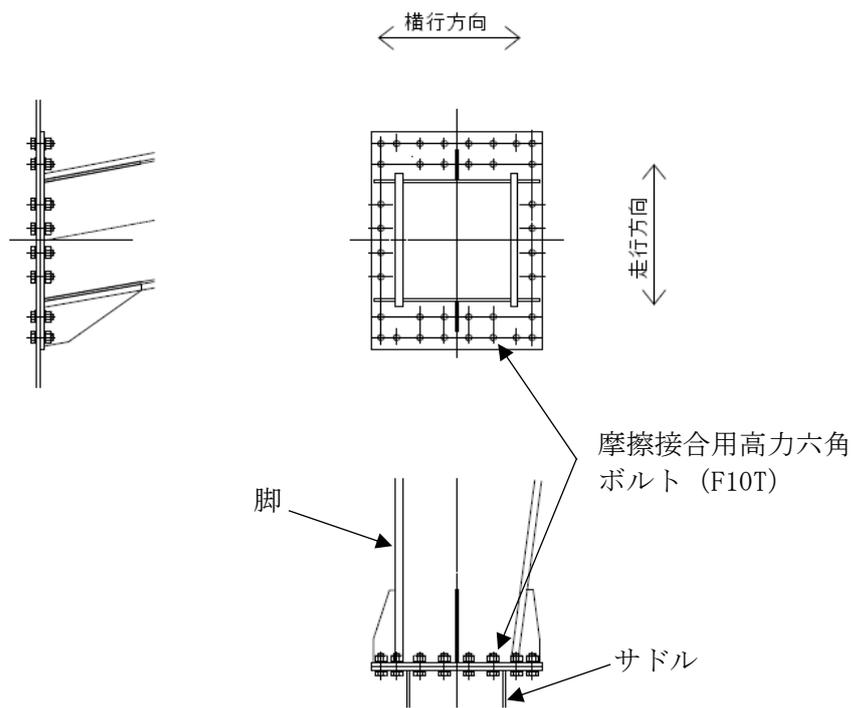


図 6-3 脚下部連結部

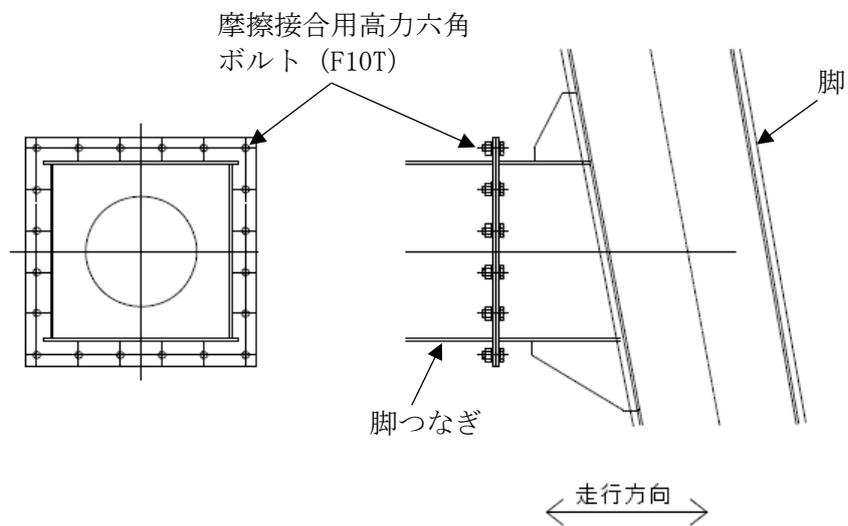


図 6-4 脚つなぎ連結部

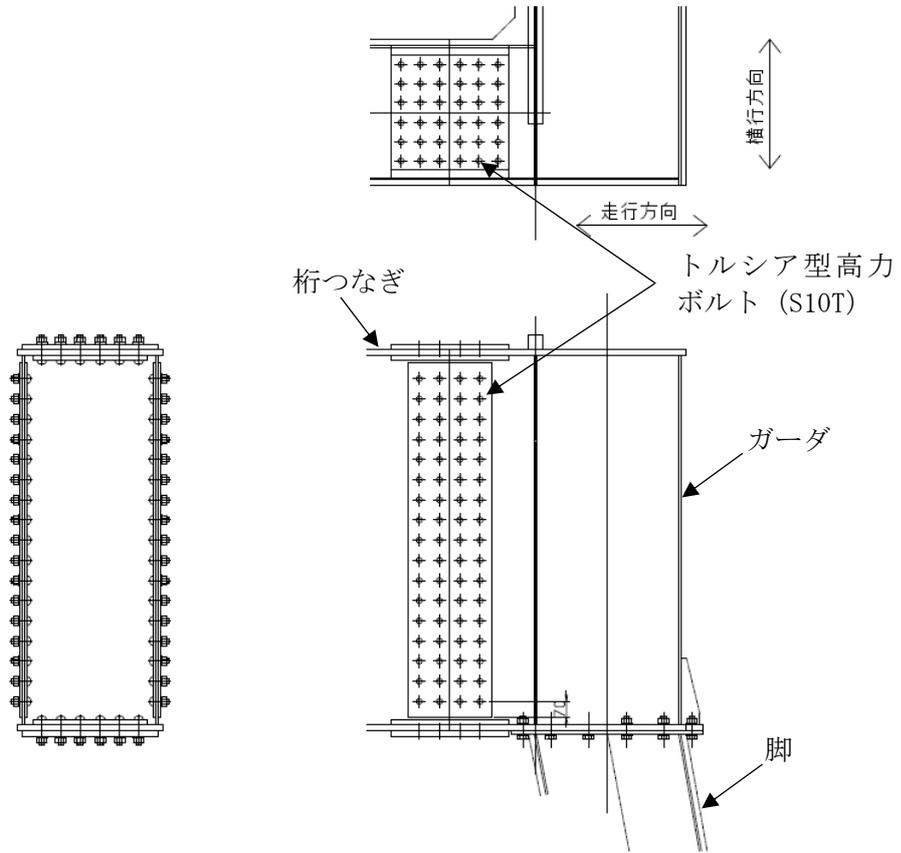


図 6-5 桁つなぎ連結部

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:  $\sigma_{b2}$

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

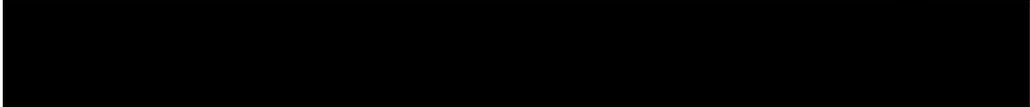
$\sigma_{b2}$  : 走行浮上り防止爪 (先端) に作用する曲げ応力  $\blacksquare$  (MPa)



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)

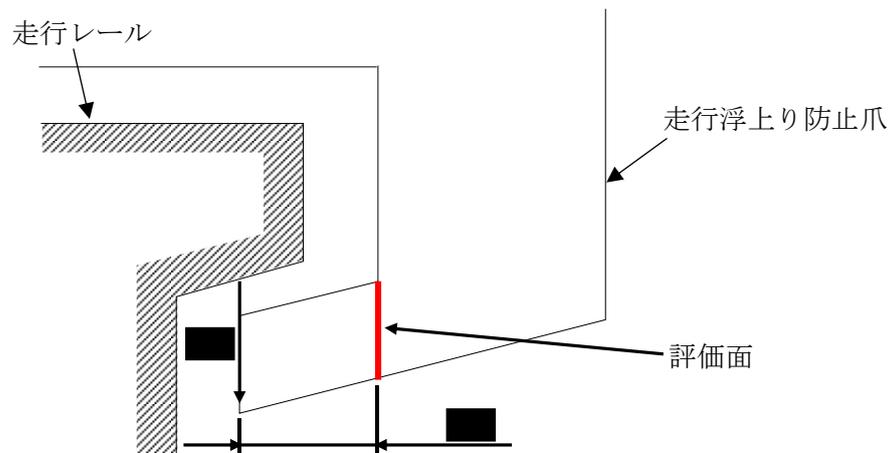


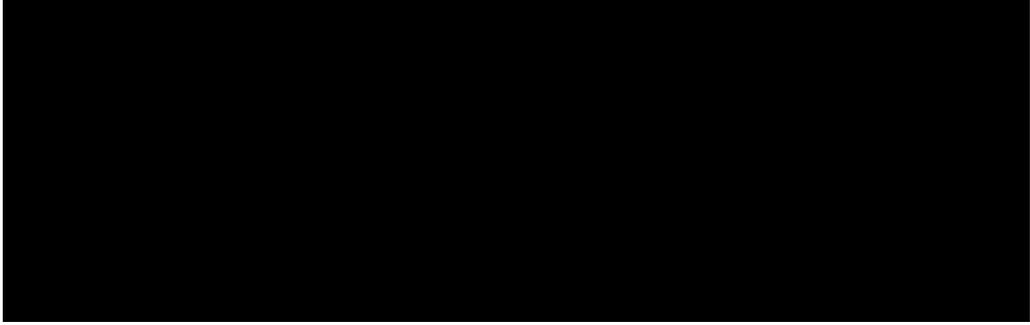
図 6-6 走行浮上り防止爪 (先端)

(2) 走行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： $\sigma_{b3}$

$$\sigma_{b3} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.3.4)$$

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



b. せん断応力： $\tau_3$

$$\tau_3 = \blacksquare \dots\dots\dots (6.3.5)$$

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



c. 組合せ応力： $\sigma_{k3}$

$$\sigma_{k3} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.3.6)$$

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

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

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

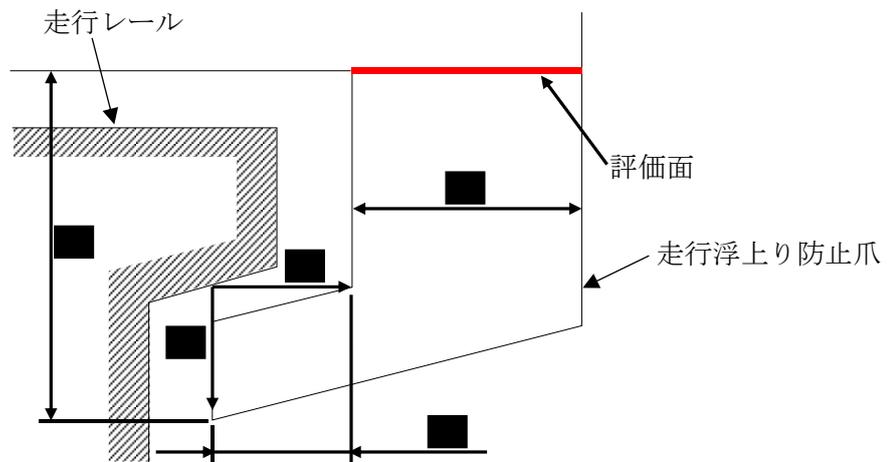


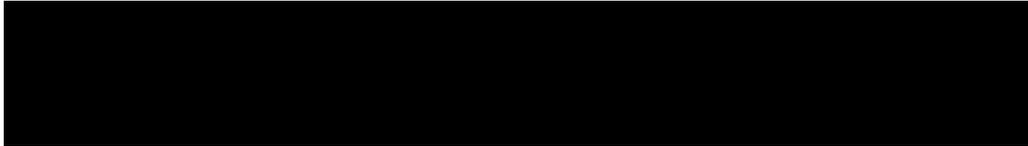
図 6-7 走行浮上り防止爪（根本）

(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： $T_1$

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

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



b. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当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本当たりに作用する 147 (MPa)  
引張応力



c. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当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本当たりに作用する [redacted] (N)  
せん断力



d. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当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本当たりに作用する 31 (MPa)  
せん断応力



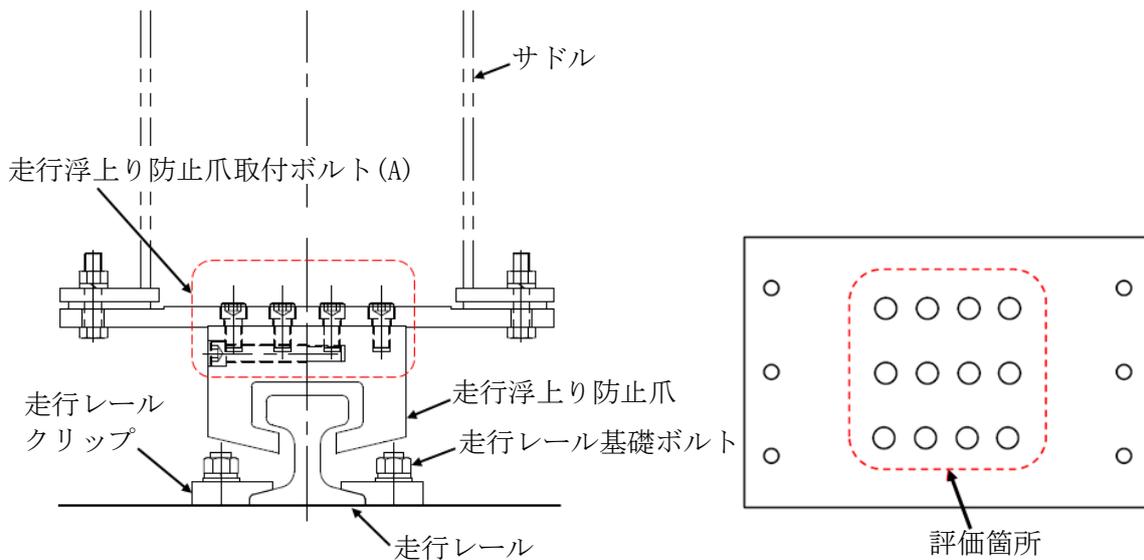


図 6-8 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)

(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： $T_2$

$$T_2 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.3.11)$$

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

[redacted]

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： $\sigma_{t4}$

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

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

[redacted]

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： $S_2$

$$S_2 = \text{[redacted]} \dots\dots\dots (6.3.13)$$

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

[redacted]

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： $\sigma_{s3}$

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

$\sigma_{s3}$  : 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)

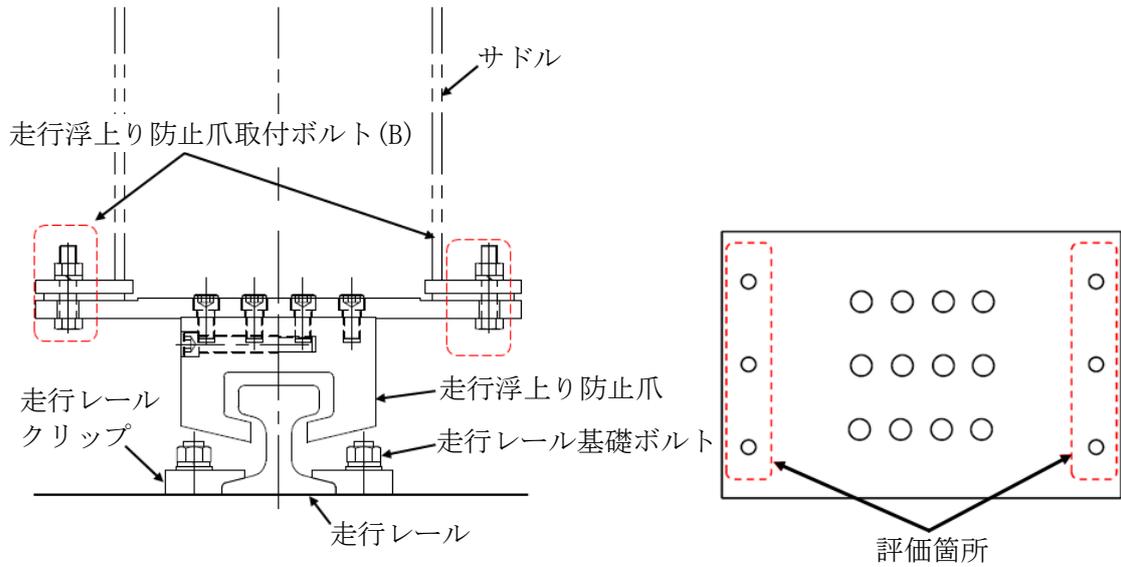


図 6-9 走行浮上り防止爪取付ボルト (B)

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)

$\blacksquare$

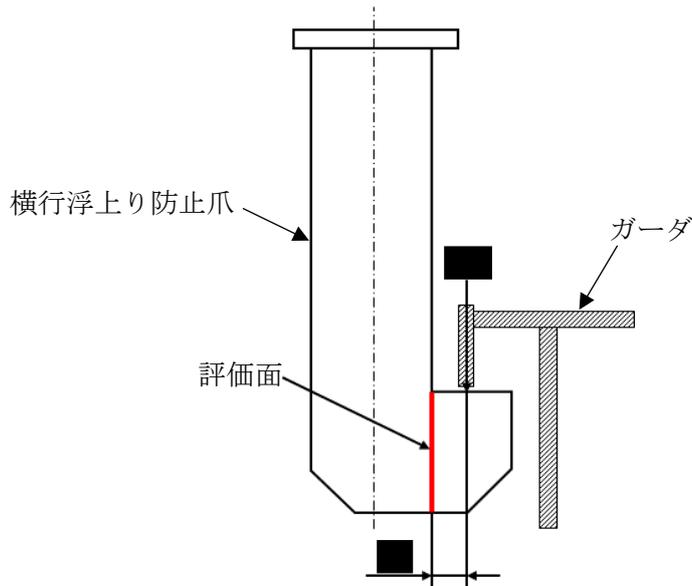


図 6-10 横行浮上り防止爪（先端）

(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)

$\blacksquare$

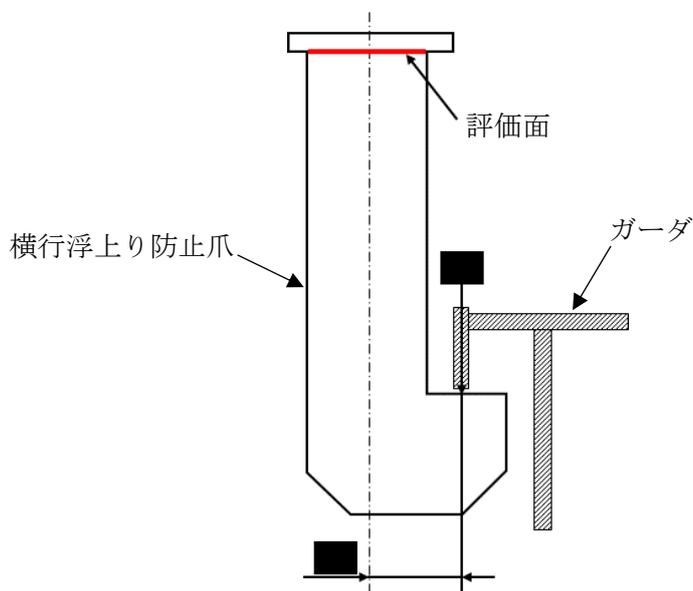


図 6-11 横行浮上り防止爪（根本）

(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： $P_2$

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

$P_2$  : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用する荷重 [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 本あたりに作用する引張応力 378 (MPa)

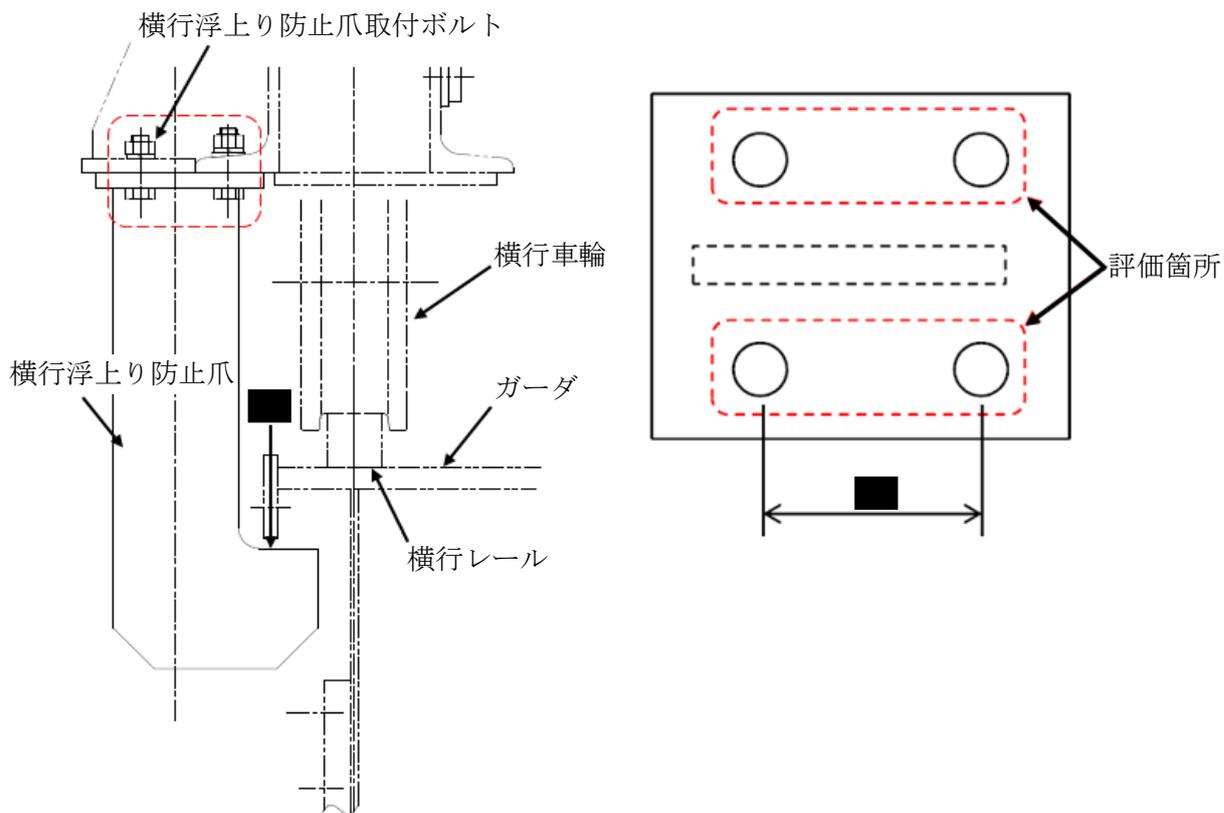


図 6-12 横行浮上り防止爪取付ボルト

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)

[Redacted]

(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)

[Redacted]

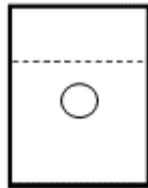
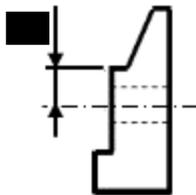


図 6-13 一般部レールクリップ

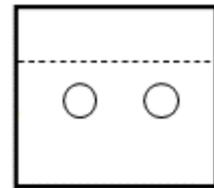
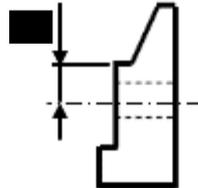


図 6-14 連結部レールクリップ

(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 本あたりに作用する引張力： $T_3$

$$T_3 = \blacksquare \dots\dots\dots (6.5.3)$$

$T_3$  : 基礎ボルト 1 本あたりに作用する引張力  $\blacksquare$  (N)

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

$$\sigma_{t7} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.5.4)$$

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

c. 基礎ボルト 1 本あたりに作用するせん断力： $S_3$

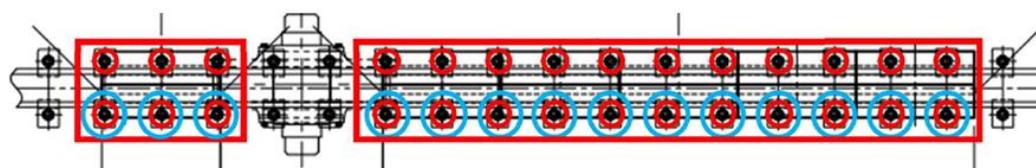
$$S_3 = \blacksquare \dots\dots\dots (6.5.5)$$

$S_3$  : 基礎ボルト 1 本あたりに作用するせん断力  $\blacksquare$  (N)

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

$$\sigma_{s5} = \blacksquare \dots\dots\dots (6.5.6)$$

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

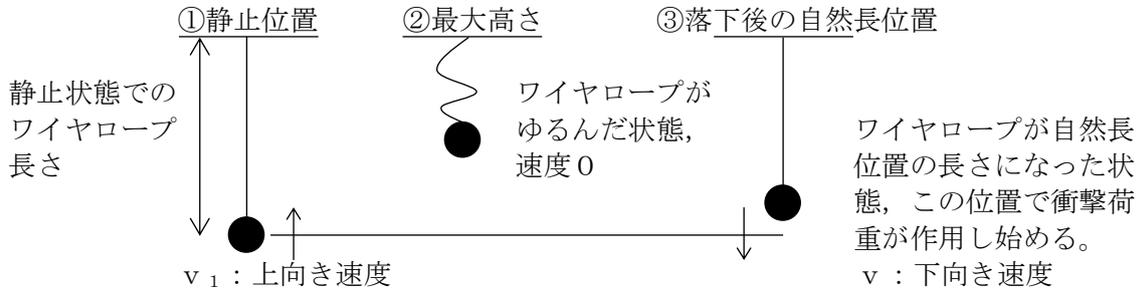
クレーンの吊具荷重を受ける各部分は、クレーン本体、トロリ、ワイヤロープ及びフックで、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により落下に至る可能性があるワイヤロープとフックを評価対象とする。

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。

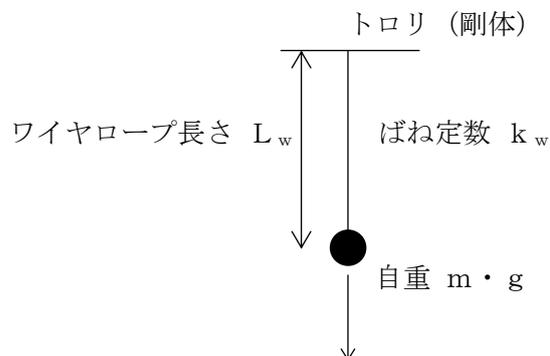


- 下向き速度  $v$   
②, ③まではエネルギー保存則より  
下向き速度  $v$  は  
 $v < v_1$   
となるが、保守的に  
 $v = v_1$   
として評価を行う。

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)

$k_w$  : ワイヤロープのばね定数 ■ (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 ■ (mm<sup>2</sup>)

$E_w$  : ワイヤロープの縦弾性係数 ■ (MPa)

$L_w$  : ワイヤロープ長さ ■ (mm)

$n_w$  : ワイヤロープ本数 ■ (-)

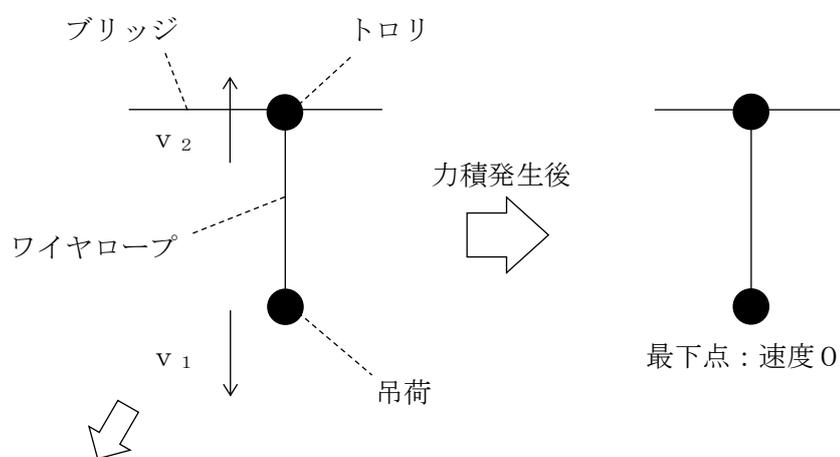
(3) 吊荷に作用する衝撃荷重

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

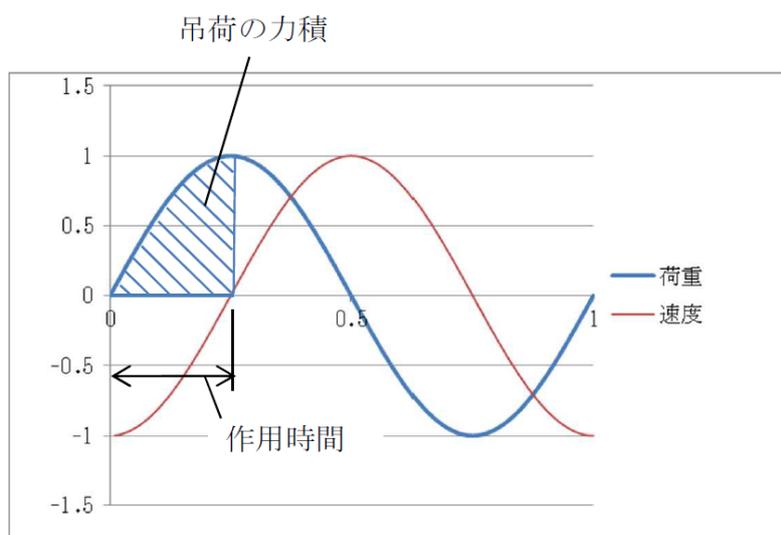


図6-18 吊荷の力積の概念図

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。

## 大型廃棄物保管庫建屋の構造強度及び耐震性について

### 1. 概要

#### 1. 1 一般事項

大型廃棄物保管庫建屋の構造強度と機能維持及び波及的影響防止について検討を行う。

大型廃棄物保管庫建屋は耐震クラス分類をBクラスとして2020年5月に認可（原規規発第2005271号）を受け、2023年3月に竣工している。後に、2022年11月16日の原子力規制委員会です承された「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（以下、「新耐震方針」という）によって、建屋の耐震クラスが変更となる。

見直し後の耐震クラス分類は、新耐震方針を踏まえ、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における公衆への被ばく影響を評価した結果、Cクラスとなる。

大型廃棄物保管庫建屋の構造強度は、Cクラス設備に要求される静的地震力に対して許容応力度設計を実施し、耐震性のうち機能維持の検討は、基準地震動  $S_s$ （最大加速度 900gal、以下、「 $S_s900$ 」という）に対する地震応答解析を実施し、使用済吸着塔等の間接支持機能が維持されることを確認する。

大型廃棄物保管庫建屋の耐震性のうち波及的影響の防止の検討は、 $S_s900$  に対する地震応答解析を実施し、大型廃棄物保管庫建屋の損傷が使用済吸着塔等に波及的影響を及ぼさないことを確認する。ここで、波及的影響は、大型廃棄物保管庫建屋が崩壊機構に至らないことを確認する。

大型廃棄物保管庫建屋の検討は原則として下記の法規及び基規準類に準拠して行う。

- (1) 建築基準法・同施行令及び関連告示
- (2) 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，2005年）（以下、「R C-N規準」という。）
- (3) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（日本建築学会，1999年）（以下、「R C規準」という。）
- (4) 鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（日本建築学会，2005年）（以下、「S規準」という。）
- (5) 2015年版建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省住宅局建築指導課・国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所・日本建築行政会議，2015年)
- (6) 日本産業規格（JIS）
- (7) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984（(社) 日本電気協会）
- (8) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（(社) 日本電気協会）
- (9) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（(社) 日本電気協会）
- (10) 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（(社) 日本機械学会，2003）（以下「C C V規格」という。）
- (11) 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針（日本建築センター，2018年）

## 1. 2 構造概要

大型廃棄物保管庫建屋は、東西方向 23.35m、南北方向 186.2m、高さ 22.85m の建物であり、構造形式は鉄骨造である。大型廃棄物保管庫建屋の東側には、建屋の耐震性を向上するために、鉄骨によるフレームを設置している。

大型廃棄物保管庫建屋は、べた基礎構造となっており、改良地盤を介して設置する。

大型廃棄物保管庫建屋の配置図、平面図及び断面図を図 1.2-1 に示す。また、基礎配筋図（一般部）を図 1.2-2 に、柱脚部断面図を図 1.2-3 に示す。

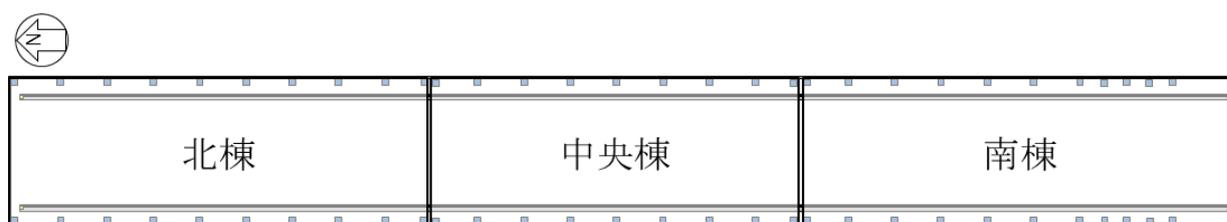


図 1.2-1 (1) 配置図

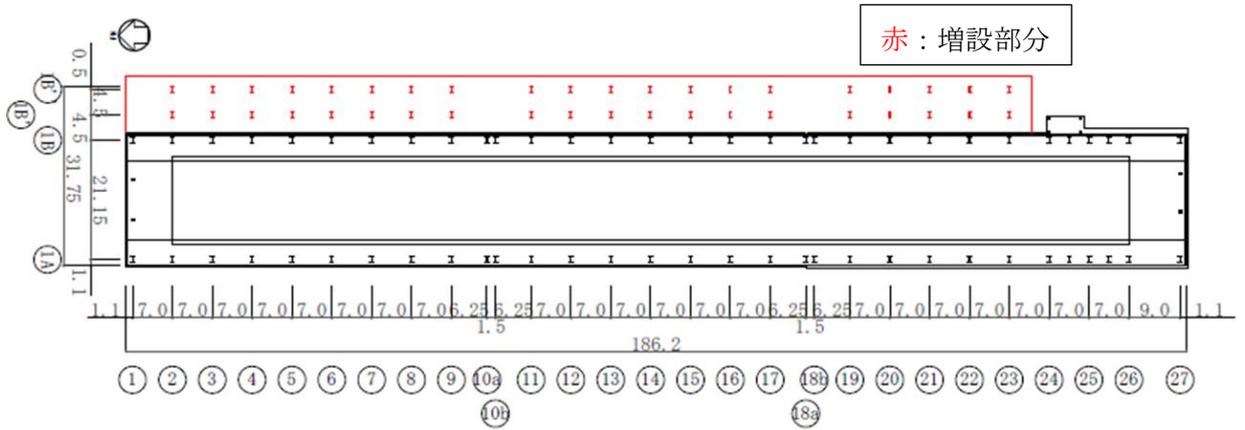


図 1.2-1 (2) 1 階平面図 (G. L. +0.635) (単位 : m)

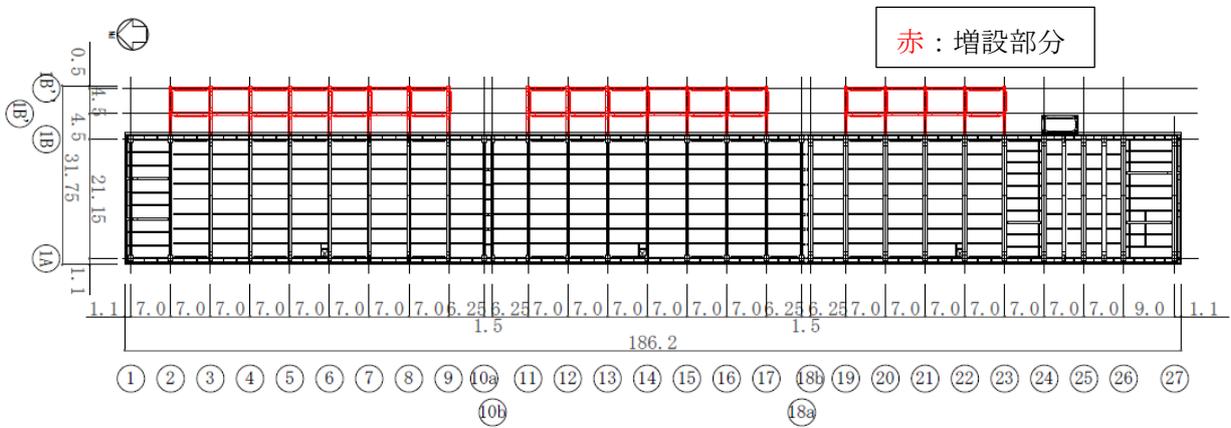


図 1.2-1 (3) 2 階平面図 (G. L. +16.650) (単位 : m)

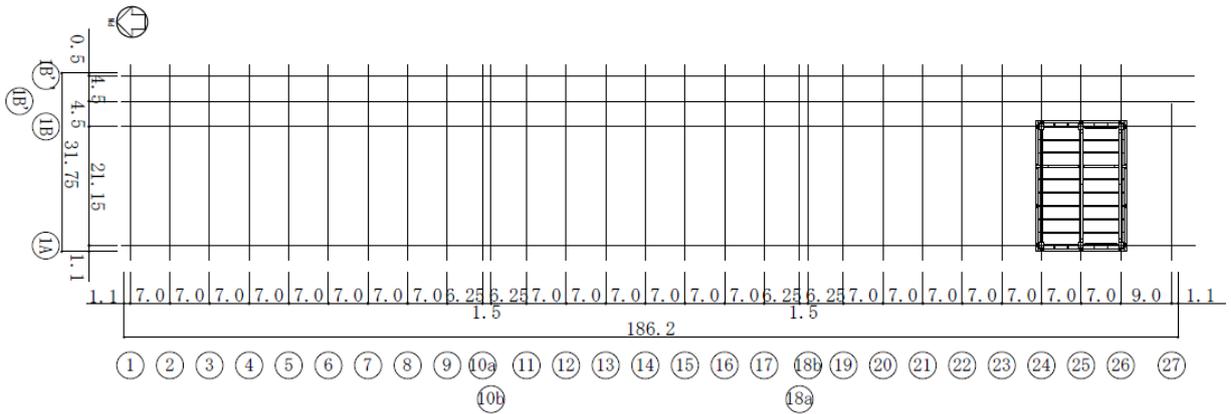


図 1.2-1 (4) 屋上階平面図 (G. L. +22.850) (単位 : m)

赤：増設部分

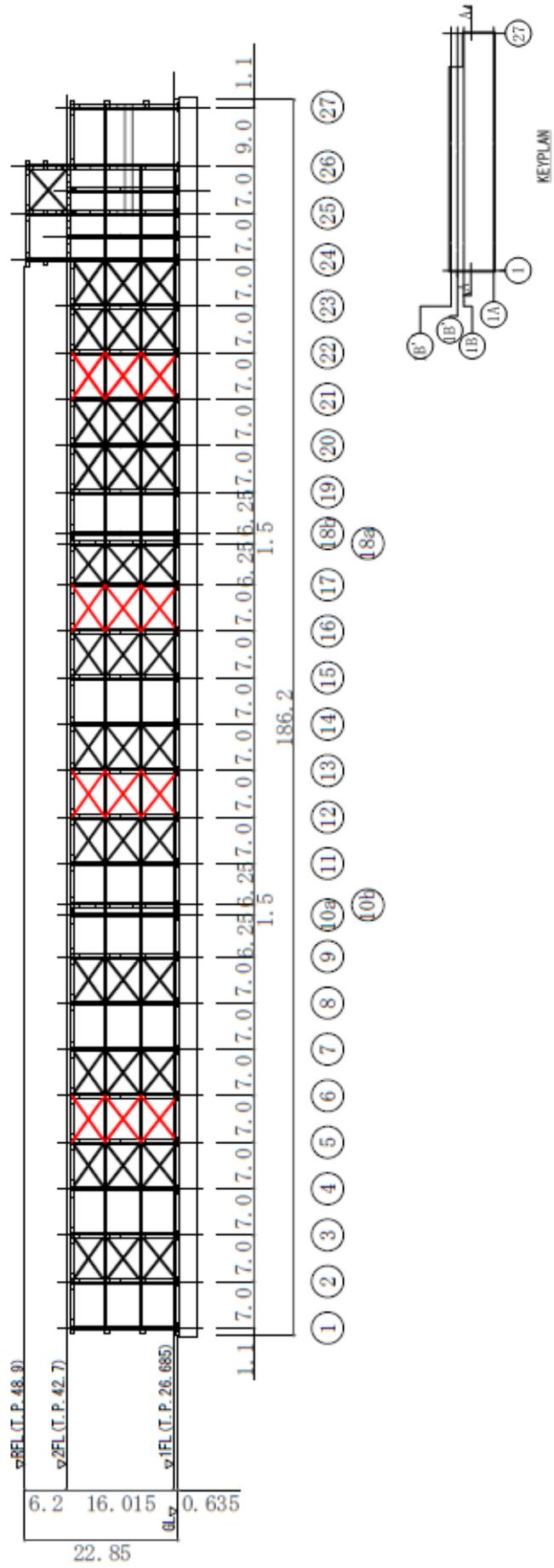


图 1.2-1 (5) A-A 断面图 (NS 方向) (单位 : m)

赤：増設部分

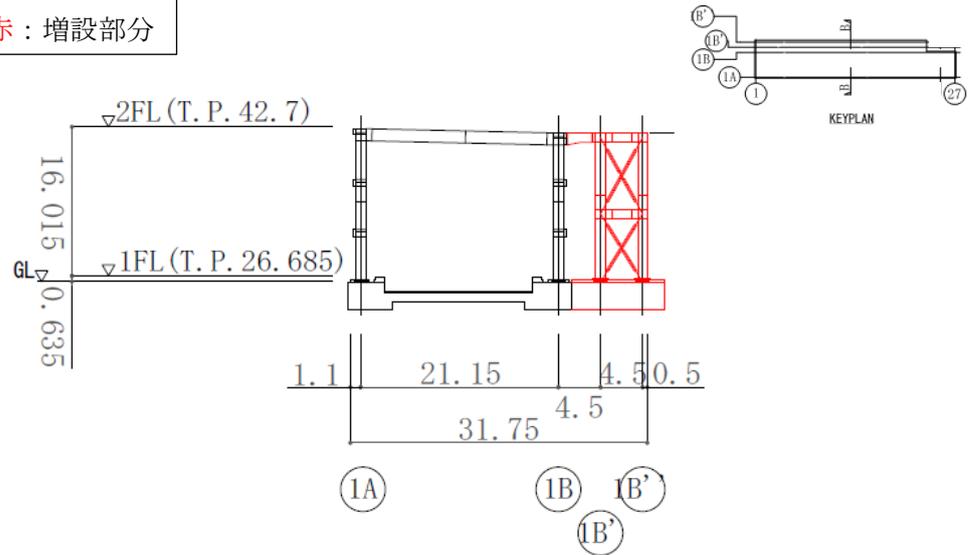


图 1.2-1 (6) B-B 断面图 (EW 方向) (单位 : m)

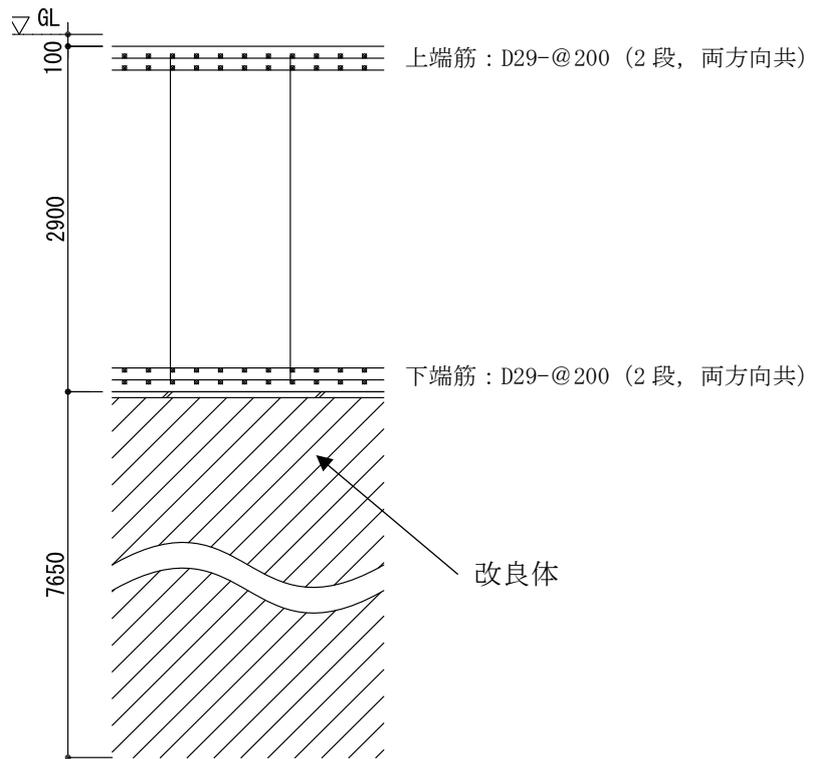


图 1.2-2 基础配筋图 (一般部) (单位 : mm)

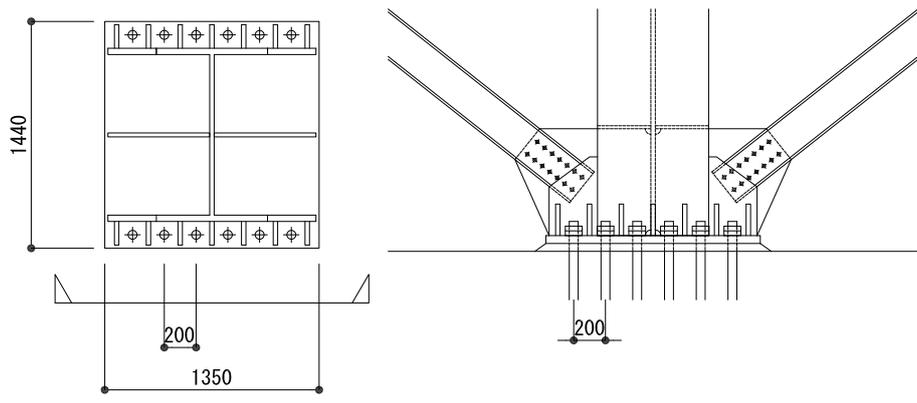


图 1.2-3 柱脚部断面图 (单位 : mm)

### 1. 3 検討フロー

大型廃棄物保管庫建屋の構造強度及び耐震性の検討フローを図 1.3-1 に示す。

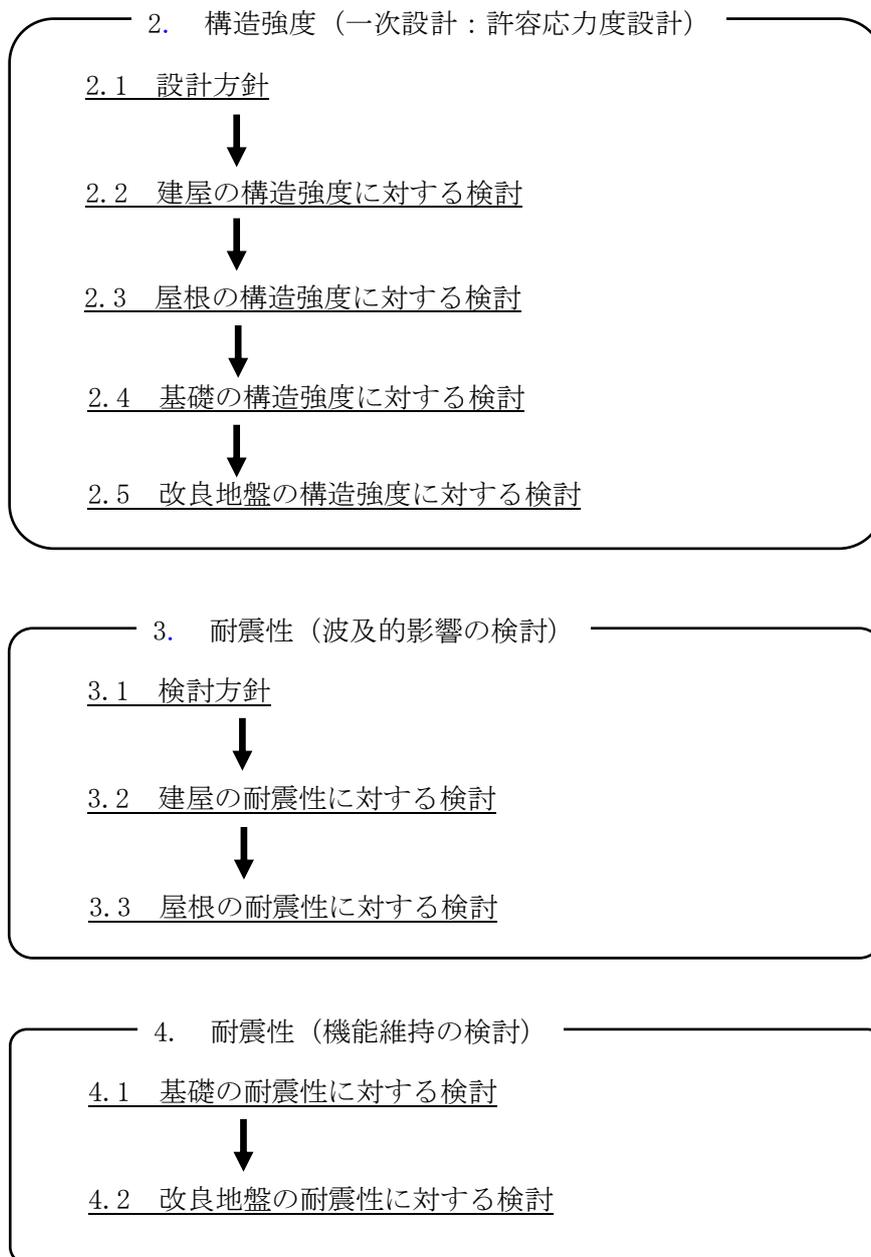


図 1.3-1 大型廃棄物保管庫建屋の検討フロー

## 2. 構造強度（一次設計：許容応力度設計）

### 2. 1 設計方針

構造強度の検討は、大型廃棄物保管庫建屋、基礎及び改良地盤について許容応力度設計を実施する。

図 2.1-1 に C クラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順を示す。

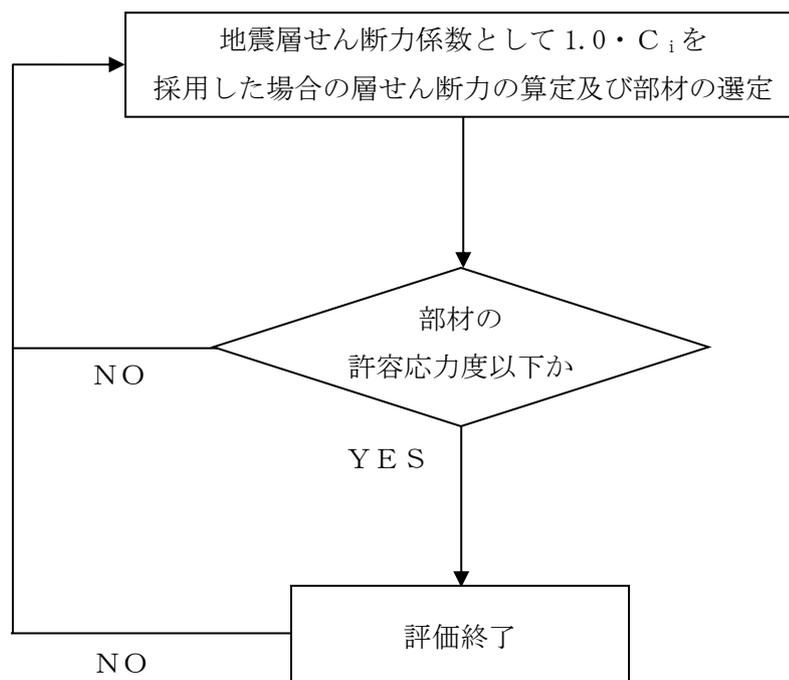


図 2.1-1 C クラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順

(1) 使用材料及び許容応力度

使用材料の物性値及び許容応力度を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 (1) 使用材料の物性値及び許容応力度

材料定数

部位	材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )
大型廃棄物保管庫 建屋	鉄骨	2.05×10 <sup>5</sup>	0.3	77.0
	コンクリート	2.27×10 <sup>4</sup>	0.2	24.0

コンクリートの許容応力度\*

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

設計基準強度	長期		短期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
24	8	0.73	16	1.09

\*：RC-N規準による。

鉄筋の許容応力度\*

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

記号	鉄筋径	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	215	195	345	345
	D29 以上	195			
SD390	D25 以下	215	195	390	390
	D29 以上	195			

\*：RC-N規準による。

表 2. 1-1 (2) 使用材料の物性値及び許容応力度

構造用鋼材の許容応力度\*

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

板厚	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 SN400C	235	156	90	235	135
SN490B SN490C	325	216	125	325	187
TMCP325B TMCP325C	325	216	125	325	187

\*1：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。

\*2：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。

アンカーボルトの許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

種類		長期		短期		備考
		引張	せん断	引張	せん断	
ABM400	M24	156	90	235	135	—
ABM490	M56	196	113	295	170	—
	M60					

## (2) 解析モデル

大型廃棄物保管庫建屋上屋は北棟・中央棟・南棟がエキスパンションジョイントで構造的に分割されており、柱、梁及び鉛直ブレースを線材置換した立体フレームにより、一貫構造計算により算定している。

## (3) 荷重及び荷重組合せ

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。

### 2) 積雪荷重 (SL)

積雪荷重は建築基準法施行令第 86 条及び福島県建築基準法施行規則細則に準拠し、以下の条件とする。

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

### 3) 風圧力 (WL)

風圧力は建築基準法施行令第 87 条および建設省告示第 1454 号に基づき、基準風速を 30m/s、地表面粗度区分Ⅱとして算定する。速度圧の算定結果を表 2.1-2 に示す。

表 2.1-2 速度圧の算定結果

建物高さ*	平均風速の鉛直分布係数	ガスト影響係数	建物高さと粗度区分による係数	基準風速	速度圧
H(m)	Er	Gf	E	Vo(m/s)	q(N/m <sup>2</sup> )
23.27	1.132	2.111	2.71	30	1461.19

\* : 建物高さは、軒高さ (22.65m) と最高高さ (23.89m) の平均値とする。

#### 4) 地震荷重 (K)

大型廃棄物保管庫建屋に作用させる地震荷重は、地盤面を基準面とした水平地震力の算定結果より設定する。水平地震力は下式より算定する。

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

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

ここで、

$Q_i$  : 層せん断力 (kN)

$n$  : 施設の重要度に応じた係数

建築基準法で定める地震力の 1.0 倍を考慮する。

$C_i$  : 地震層せん断力係数

$W_i$  : 当該部分が支える重量 (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 ( $C_0=0.2$ )

算定結果を表 2.1-3 に示す。

表 2.1-3 水平地震力の算定結果 (南棟)

T. P. (m)	$\Sigma W_i$ (kN)	$A_i$	$n \cdot C_i$	$Q_i$ (kN)
+48.9~+42.7	3392.0	2.431	0.486	1648.7
+42.7~+26.05	36289.8	1.000	0.200	7258.0

#### 5) 荷重組合せ

設計で考慮する荷重組合せを表 2.1-4 に示す。

表 2.1-4 荷重組合せ

想定する状態	荷重ケース	荷重組合せ内容	許容応力度
常時	C	VL	長期
積雪時*	S	VL+SL	短期
暴風時*	W	VL+WL	
地震時	E1	VL+K (W→E 方向)	
	E2	VL+K (E→W 方向)	
	E3	VL+K (S→N 方向)	
	E4	VL+K (N→S 方向)	

\* : 短期事象では地震時が支配的であることから、積雪時及び暴風時の検討は省略する。

地震時と暴風時の大型廃棄物保管庫建屋の層せん断力について、風荷重の受圧面積が大きい EW 方向で比較した結果を図 2.1-2 に示す。図 2.1-2 より、地震時の層せん断力は暴風時の層せん断力を包絡しており、支配的な荷重である。

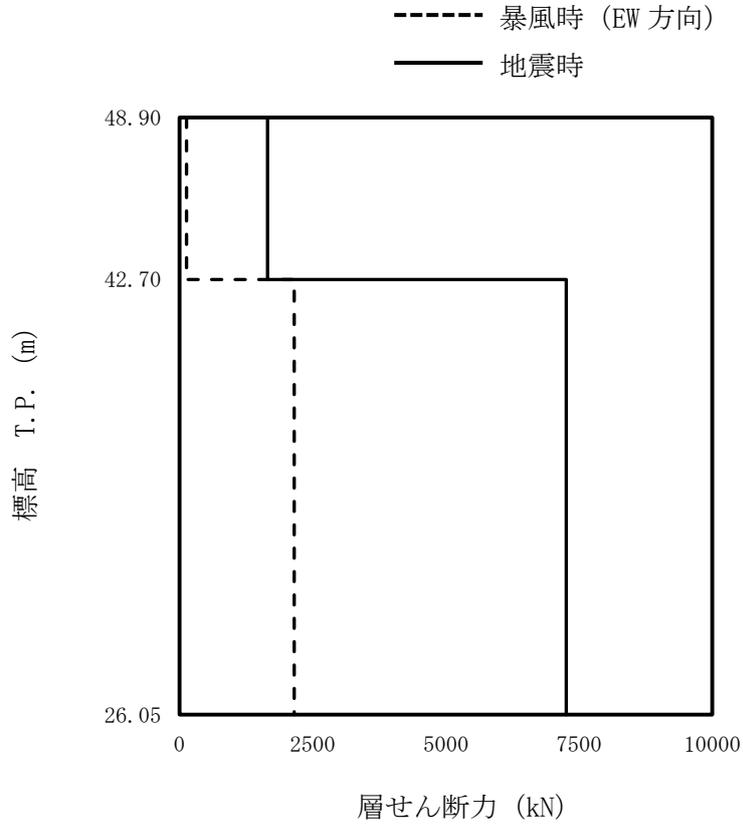


図 2.1-2 地震時と暴風時の層せん断力の比較 (南棟, EW 方向)

## 2. 2 建屋の構造強度に対する検討

### (1) 断面検討

建屋の応力解析は柱、梁及び鉛直ブレースを線材置換した立体モデルにより行う。

解析により求められた部材に発生する応力と許容応力度を比較し、検定比が最大になる部位を表 2. 2-1 及び表 2. 2-2 に示す。

#### 1) 柱の応力度検討

柱部材の応力度比は、S 規準に従い、下式にて検討を行う。

$$\cdot \text{軸力が圧縮の場合} \quad \frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_{bx}}{f_{bx}} + \frac{\sigma_{by}}{f_{by}} \leq 1.0$$

$$\cdot \text{軸力が引張の場合} \quad \frac{\sigma_t + \sigma_{bx} + \sigma_{by}}{f_t} \leq 1.0$$

$$\frac{\tau}{f_s} \leq 1.0$$

ここで、 $\sigma_c$  : 圧縮応力度 ( $\sigma_c = \frac{N}{A}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_t$  : 引張応力度 ( $\sigma_t = \frac{T}{A}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_b$  : 曲げ応力度 ( $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度 ( $\tau = \frac{Q}{A_w}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)

$N$  : 圧縮軸力 (N)

$T$  : 引張軸力 (N)

$A$  : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$Q$  : 設計用せん断力 (N)

$A_w$  : ウェブ有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$f_c$  : 許容圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : 許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_b$  : 許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_s$  : 許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

## 2) 梁の応力度検討

梁部材の応力度比は、S規準に従い、下式にて検討を行う。

$$\frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

$$\frac{\tau}{f_s} \leq 1.0$$

ここで、 $\sigma_b$  : 曲げ応力度 ( $\sigma_b = \frac{M}{Z}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度 ( $\tau = \frac{Q}{A_w}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$Q$  : 設計用せん断力 (N)

$A_w$  : ウェブ有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$f_b$  : 許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_s$  : 許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

## 3) 鉛直ブレースの応力度検討

鉛直ブレース部材の応力度比は、S規準に従い、下式にて検討を行う。

$$\frac{\sigma_t}{f_t} \leq 1.0$$

ここで、 $\sigma_t$  : 引張応力度 ( $\sigma_t = \frac{T}{A}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)

$T$  : 引張軸力 (N)

$A$  : 断面積 (mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : 許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

表 2.2-1 断面検討結果（大型廃棄物保管庫建屋，常時）

検討部位	部材形状 (mm) 〈使用材料〉	荷重 ケース	応力	作用 応力	許容 応力	検定比	判定
柱	BH-1100×700 ×28×36	C	軸力及び 曲げ モーメント	N=1391 kN Mx=4 kN・m My=1346 kN・m	13669 kN 1270 kN・m 6410 kN・m	0.32	OK
			せん断力	Qy=84 kN	3353 kN	0.03	OK
大梁	BH-1000×500 ×19×32	C	曲げ モーメント	1539 kN	3239 kN・m	0.48	OK
			せん断力	447 kN	2057 kN	0.22	OK

表 2.2-2 断面検討結果（大型廃棄物保管庫建屋，地震時）

検討部位	部材形状 (mm) 〈使用材料〉	荷重 ケース	応力	作用 応力	許容 応力	検定比	判定
柱	BH-1000×500 ×28×40	E2	軸力及び 曲げ モーメント	N=2759 kN Mx=2 kN・m My=875 kN・m	13908 kN 1083 kN・m 6925 kN・m	0.33	OK
			せん断力	Qy=163 kN	4450 kN	0.04	OK
大梁	H-450×200 ×9×14	E4	曲げ モーメント	161 kN・m	278 kN・m	0.58	OK
			せん断力	73 kN	427 kN	0.18	OK
ブレース	2[-200×90 ×8×13.5	E4	軸力	948 kN	1651 kN	0.58	OK

## 2. 3 屋根の構造強度に対する検討

### (1) 断面検討

屋根スラブの応力解析は大梁及び小梁で囲われた範囲とし、RC-N規準に従い、下式にて検討を行う。

検討により求められた作用応力を許容応力と比較し、検定比が最大になる部位を表 2.3-1 に示す。

#### 1) 曲げモーメントに対する応力度検討

$$\frac{M}{M_a} \leq 1.0$$

ここで、  
 $M$  : 曲げモーメント (N・mm)  
 $M_a$  : 許容曲げモーメント ( $M_a = a_t f_t j$ ) (N・mm)  
 $a_t$  : 設計配筋量 (mm<sup>2</sup>)  
 $j$  : 応力中心間距離 ( $j = 7/8 d$ ) (mm)  
 $d$  : 有効せい (mm)

#### 2) 面外せん断に対する応力度検討

$$\frac{\tau}{f_s} \leq 1.0$$

ここで、  
 $\tau$  : せん断応力度 ( $\tau = \frac{Q}{bj}$ ) (N/mm<sup>2</sup>)  
 $Q$  : 設計用せん断力 (N)  
 $b$  : 単位幅 (mm)

表 2.3-1 断面検討結果 (大型廃棄物保管庫建屋, 屋根)

検討箇所	部材形状 (mm) 〈使用材料〉	荷重 ケース	応力	作用 応力	許容 応力	検定比	判定
2階 1A-1B間/ 26-27間	t=200	C	曲げ モーメント	4.8 kN・m	17.3 kN・m	0.28	OK
			せん断 応力度	0.11 N/mm <sup>2</sup>	0.73 N/mm <sup>2</sup>	0.15	OK

## 2. 4 基礎の構造強度に対する検討

### (1) 検討方針

基礎の応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を行う。

### (2) 解析モデル

#### 1) モデル化の基本方針

基礎スラブについては、平板としてモデル化する。基礎スラブのモデルを図 2.4-1 に示す。

#### 2) 境界条件

3次元 FEM モデルの基礎スラブ底面に、矩形基礎の地盤ばね算定式\*により算定した地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。なお、基礎スラブ底面の地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

\* : 山原浩, 「環境保全のための防振設計」, 彰国社

- 凡例
- : t=2.9 [m]
  - : t=2.1 [m]
  - : t=1.8 [m]
  - : t=1.0 [m]

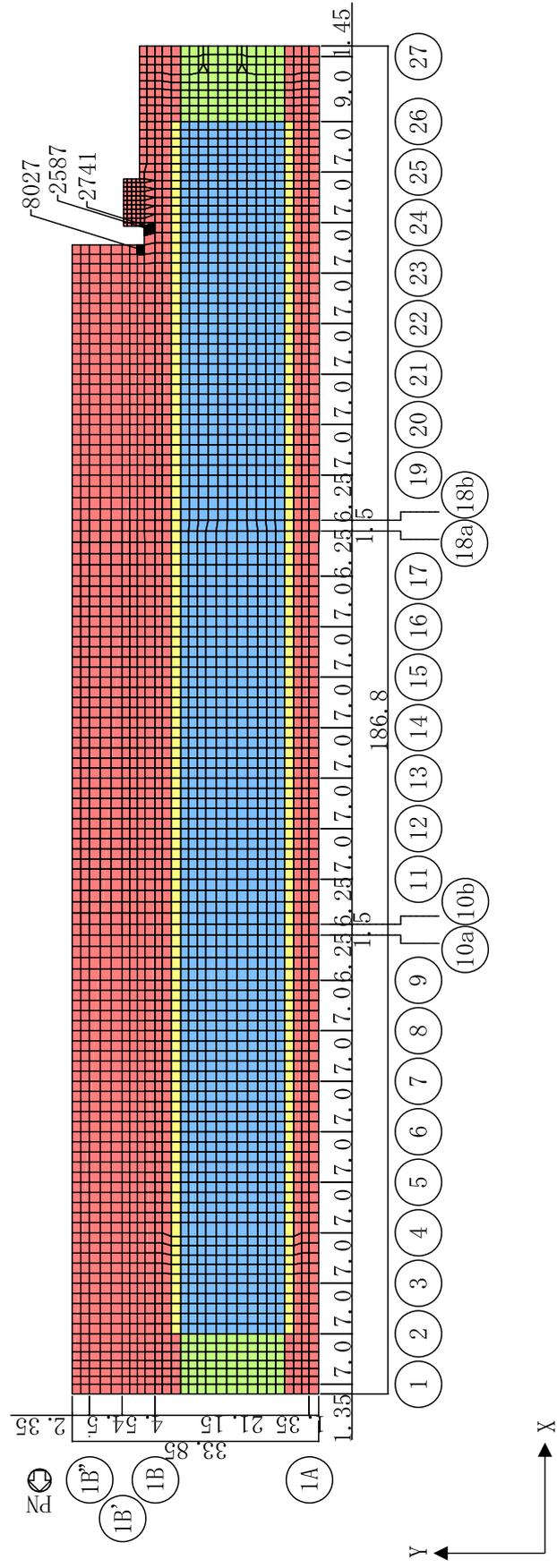


図 2.4-1 解析モデル図 (単位: m)

\* : 数字は断面検討対象の要素番号を示す。

### (3) 断面検討

設計配筋が必要鉄筋比を上回る事及び面外せん断力が許容せん断力以下であることを確認する。

必要鉄筋比が最大となる要素と設計面外せん断力と許容せん断力との比が最大になる要素の断面検討結果を表 2.4-1 及び表 2.4-2 に示す。

断面検討の結果、設計配筋は必要鉄筋比を上回り、面外せん断力は許容せん断力以下であることを確認した。

表 2.4-1 (1) 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果 (常時)

荷重 ケース	要素 番号	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
C	8027	5	2129	0.149	0.22	0.68

表 2.4-1 (2) 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果 (地震時)

荷重 ケース	要素 番号	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
E1	2741	117	1902	0.070	0.22	0.32

表 2.4-2 (1) 面外せん断力に対する検討結果 (常時)

荷重 ケース	要素 番号	面外せん断力 (kN/m)	長期許容せん断力 (kN/m)	検定比
C	2587	1548	1731	0.90

表 2.4-2 (2) 面外せん断力に対する検討結果 (地震時)

荷重 ケース	要素 番号	面外せん断力 (kN/m)	短期許容せん断力 (kN/m)	検定比
E1	2587	1319	2584	0.52

## 2. 5 改良地盤の構造強度に対する検討

### (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 187.8m、東西方向に 35.2m、改良地盤厚さ 8.45m とし、G.L. -10.60m の泥岩に支持する。

検討は「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」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) 改良地盤の検討

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 2.5-1 及び表 2.5-2 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 2.5-1 改良地盤の接地圧と許容支持力度の比較（常時）

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/24-25 通り	173	333	0.52

表 2.5-2 改良地盤の接地圧と許容支持力度の比較（地震時）

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/25-26 通り	227	666	0.35

### 3. 耐震性（波及的影響の検討）

#### 3. 1 検討方針

耐震性のうち波及的影響の検討は、建屋、屋根について行い、Ss900 に対してこれらの応答性状を適切に表現できる地震応答解析を用いて評価する。

なお、地震応答解析は水平 2 方向及び鉛直方向の 3 方向の地震動を同時に入力する。

##### （1）解析に用いる入力地震動

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図 3. 1-1 に示す。モデルに入力する地震動は一次元波動論に基づき、解放基盤表面で定義される Ss900 に対する地盤の応答として評価する。解放基盤表面位置（G. L. -223. 486m（震災前 O. P. -196. 0m））における地震動 Ss900-1 及び Ss900-2 の加速度時刻歴波形を図 3. 1-2 に示す。

影響評価に当たっては、全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、Ss900-1 を作成した方法と同一の方法で、目標とする応答スペクトルに適合する位相の異なる模擬地震波を利用する。なお、Ss900-1 の水平方向の位相が、2011 年東北地方太平洋沖地震において福島第一原子力発電所敷地内の地震観測記録の NS 方向の位相を基に作成していることから、模擬地震波はそれと直交する EW 方向の位相を基に作成する。（図 3. 1-3）（別紙-3 参照）

NS 方向に Ss900-1、EW 方向に位相の異なる模擬地震波を入力する。

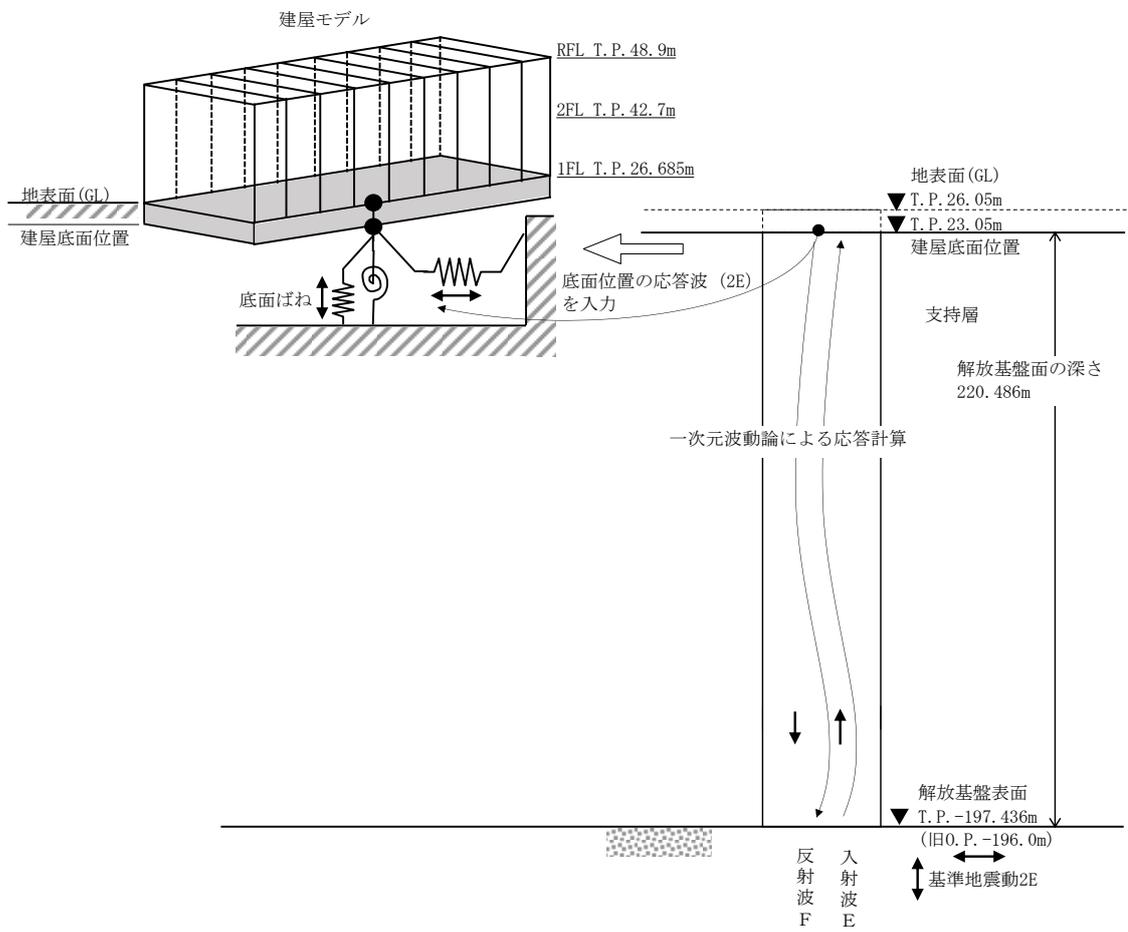


図 3. 1-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図

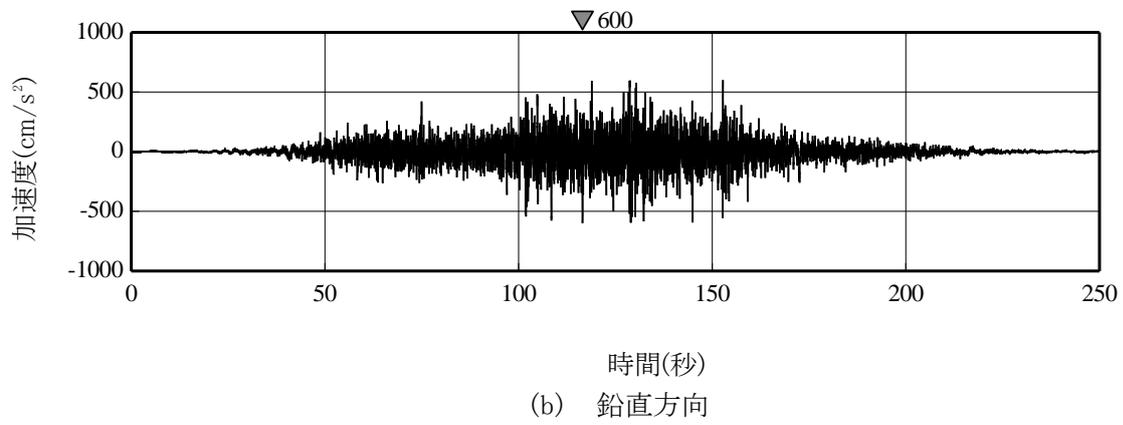
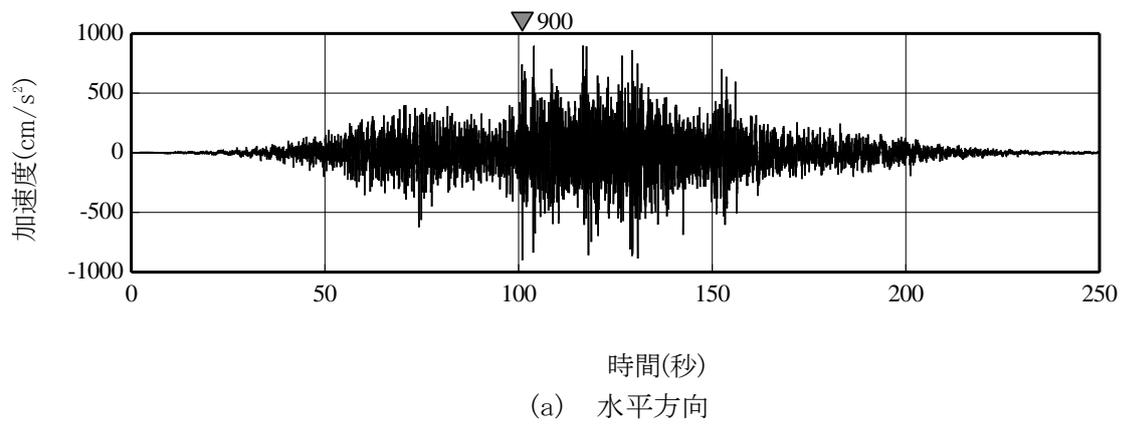


図 3. 1-2 (1) 解放基盤表面における地震動の加速度時刻歴波形 (Ss900-1)

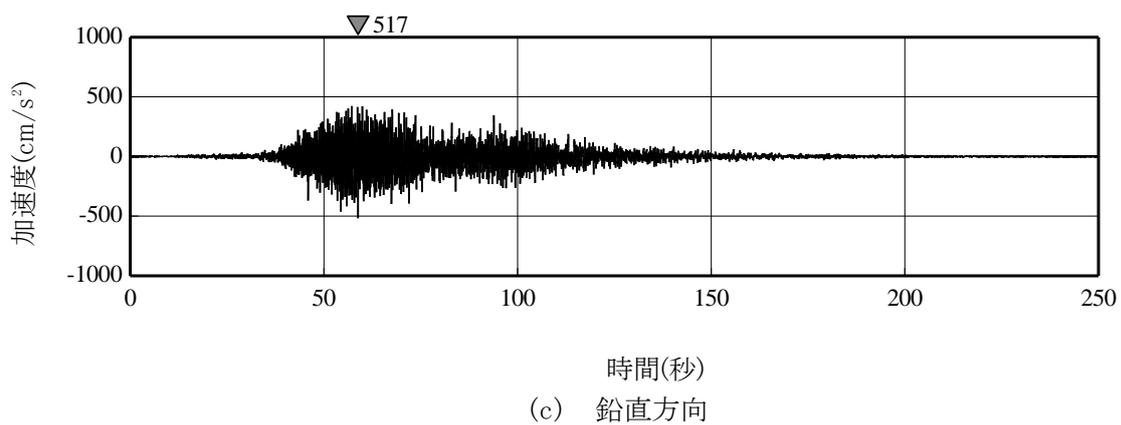
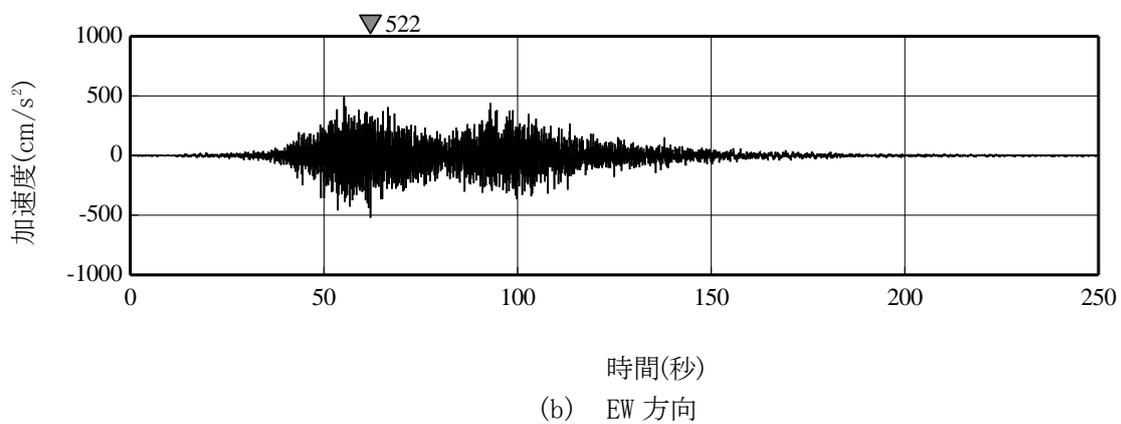
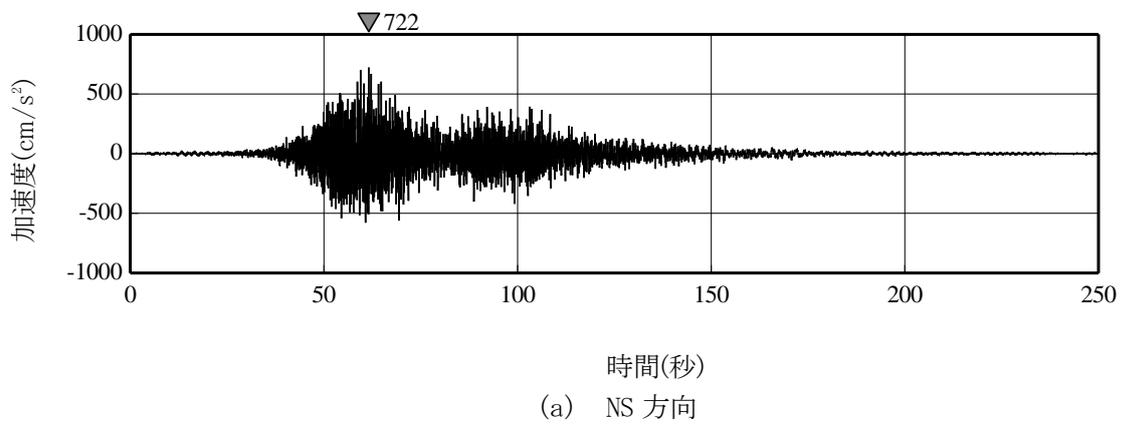


図 3.1-2 (2) 解放基盤表面における地震動の加速度時刻歴波形 (Ss900-2)

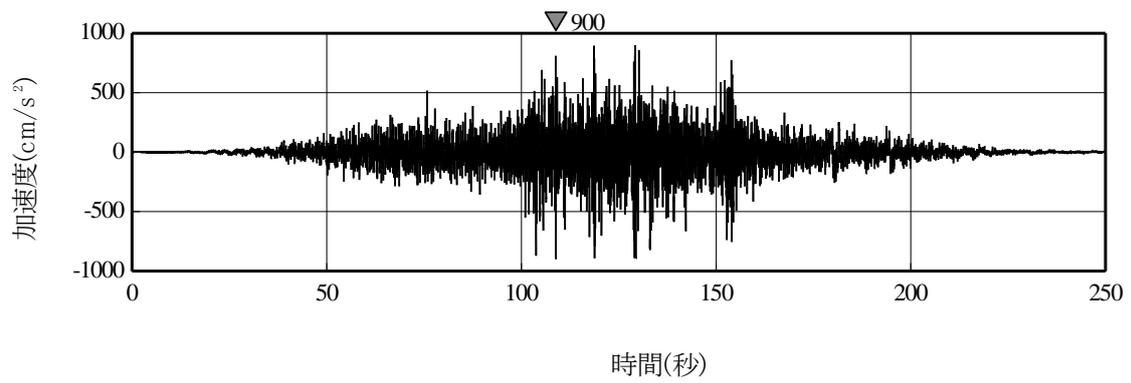


図 3.1-3 Ss900-1 (水平方向) と組み合わせる模擬地震波

(2) 地震応答解析モデル

1) 地盤モデルの設定

大型廃棄物保管庫建屋の地盤定数は、「福島第一原子力発電所『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書」(東京電力株式会社, 平成20年3月31日)と同様とし, 改良地盤の物性値は一軸圧縮強度試験に基づき設定する。ひずみ依存特性は1F4号燃料取り出し用カバーで採用したものをを用いる。その結果を表3.1-1に示す。

表 3.1-1 地盤定数の設定結果

(a) Ss900-1

T. P. (m)	層厚 (m)	地質	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	初期せん断波速度 $V_{s0}$ (m/s)	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	せん断波速度 $V_s$ (m/s)	縦波速度 $V_p$ (m/s)	減衰定数 $h$ (%)
23.05~ 15.40	7.65	改良地盤	17.8	0.260	360	2.35	2.23	0.95	350	620	3
15.40~ -74.436	89.8 36	泥岩	17.0	0.459	470	3.83	2.53	0.66	380	1390	3
-74.436~ -100.436	26.0		17.4	0.447	530	4.98	3.19	0.64	420	1370	4
-100.436~ -182.436	82.0		17.4	0.443	580	5.97	4.06	0.68	480	1500	4
-182.436~ -197.436	15.0		17.6	0.410	750	10.1	7.88	0.78	660	1700	3
-197.436~	-	(解放基盤)	17.6	0.410	750	10.1	10.1	-	750	1920	-

(b) Ss900-2

T. P. (m)	層厚 (m)	地質	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	ポアソン比 $\nu$	初期せん断波速度 $V_{s0}$ (m/s)	初期せん断弾性係数 $G_0$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	せん断弾性係数 $G$ ( $\times 10^5$ kN/m <sup>2</sup> )	剛性低下率 $G/G_0$	せん断波速度 $V_s$ (m/s)	縦波速度 $V_p$ (m/s)	減衰定数 $h$ (%)
23.05~ 15.40	7.65	改良地盤	17.8	0.260	360	2.35	2.28	0.97	350	620	3
15.40~ -74.436	89.8 36	泥岩	17.0	0.459	470	3.83	3.14	0.82	430	1550	3
-74.436~ -100.436	26.0		17.4	0.447	530	4.98	3.98	0.80	470	1530	3
-100.436~ -182.436	82.0		17.4	0.443	580	5.97	4.78	0.80	520	1620	3
-182.436~ -197.436	15.0		17.6	0.410	750	10.1	8.48	0.84	690	1760	3
-197.436~	-	(解放基盤)	17.6	0.410	750	10.1	10.1	-	750	1920	-

大型廃棄物保管庫建屋の地盤ばねは、基礎スラブ形状が長辺 186.8m、短辺 32.38mであり、辺長比が大きいため、本検討では矩形基礎の地盤ばね算定式\*により地盤ばね（水平方向はスウェイばね及びロッキングばね、上下方向は上下ばね）を設定する。

\*：山原浩，「環境保全のための防振設計」，彰国社

## 2) 建屋モデルの設定

建屋の地震応答解析モデルは、3次元フレームモデルとして、柱、大梁、ブレース、小梁及び屋根スラブをモデル化する。

建屋の構成部材は非線形特性を考慮する。なお、柱脚部の非線形特性を考慮し、柱と露出柱脚（アンカーボルト）のM-N曲線を使用する。地震応答解析に用いる物性値及び構成部材のモデル概要を表3.1-2及び表3.1-3に示し、解析モデルの非線形特性を図3.1-4及び図3.1-5に示す。建屋の地震応答解析モデルを図3.1-6に示す。

屋根スラブは柱梁及び小梁の節点で囲われた範囲を平面薄肉シェルとする。

柱脚は露出柱脚とし、柱脚ばねを設定する。

基礎は質点系に集約し、地盤との動的層相互作用を考慮した地盤ばねを考慮する。

建屋重量は、外壁及び屋根の支配面積に応じて柱、梁の交点に集中質量として考慮する。

表 3.1-2 地震応答解析に用いる物性値

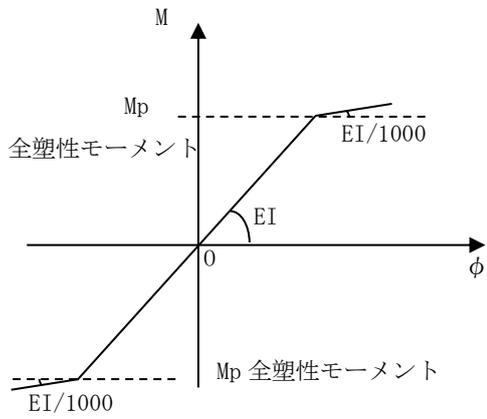
材料	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	減衰定数 h (%)
鉄骨	$2.05 \times 10^5$	0.3	77	2
コンクリート	$2.27 \times 10^4$	0.2	24	5

表 3.1-3 構成部材のモデル概要

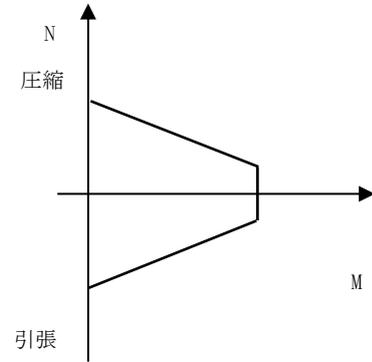
種別	構成部材	モデル要素	備考
鉄骨部	柱	ビーム要素*1	端部を剛塑性ばねとして、曲げ及び軸力変動を考慮した非線形要素（バイリニア型）
	大梁	ビーム要素	端部に剛塑性ばねを考慮した非線形要素（バイリニア型）
	小梁	ビーム要素	線形要素
	ブレース	ロッド要素*2	引張耐力及び座屈耐力低下を考慮した修正若林モデル

\*1：ビーム要素：軸剛性，曲げ剛性，せん断剛性を持つ線材要素

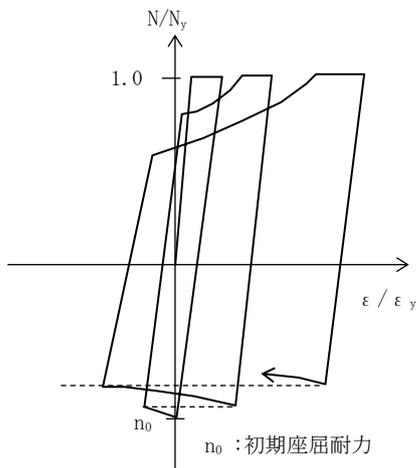
\*2：ロッド要素：軸剛性のみを持つ線材要素



梁・柱の M-φ 特性



柱の M-N 曲線



ブレースの復元力特性  
(修正若林モデル)

図 3.1-4 構成部材の非線形特性

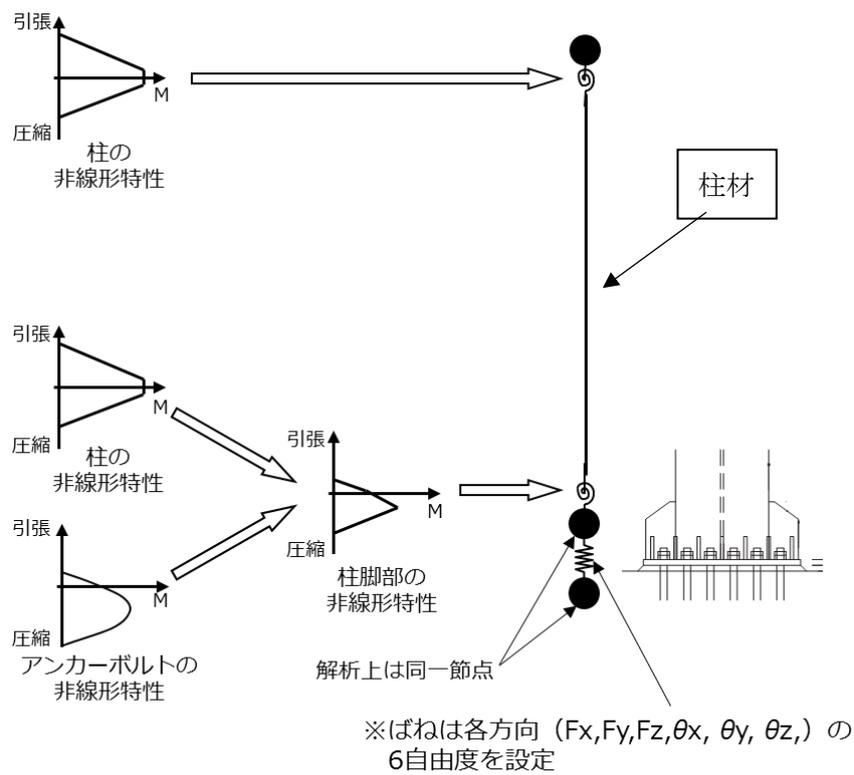
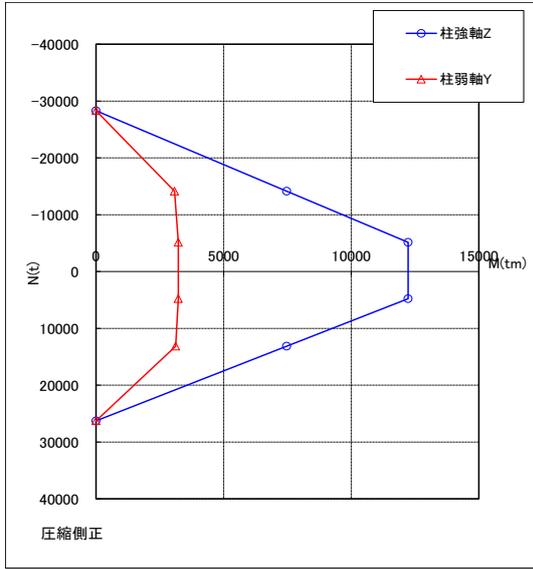
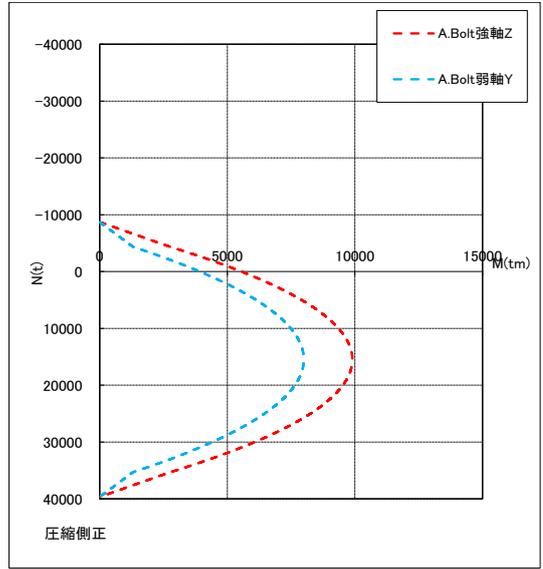


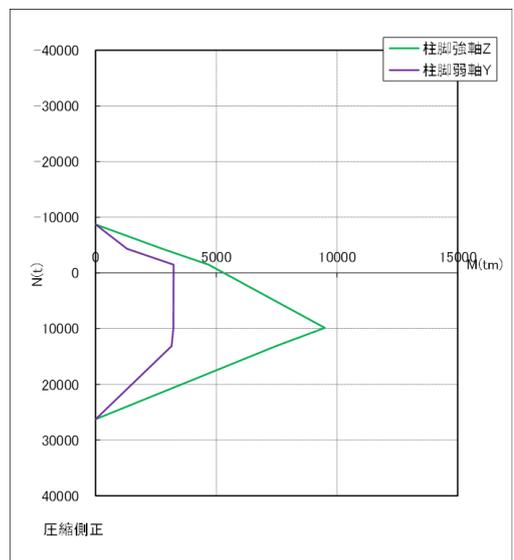
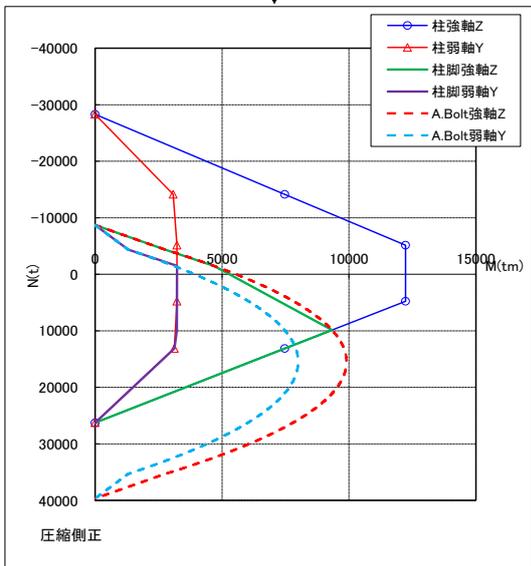
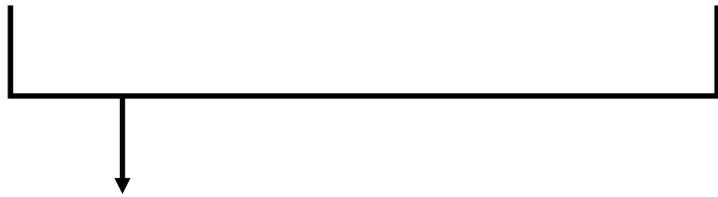
図 3.1-5 (1) 柱脚部の非線形特性に関する概念図



柱の M-N スケルトン曲線



露出柱脚の M-N スケルトン曲線



今回用いた M-N 曲線

図 3.1-5 (2) 柱脚部の非線形特性

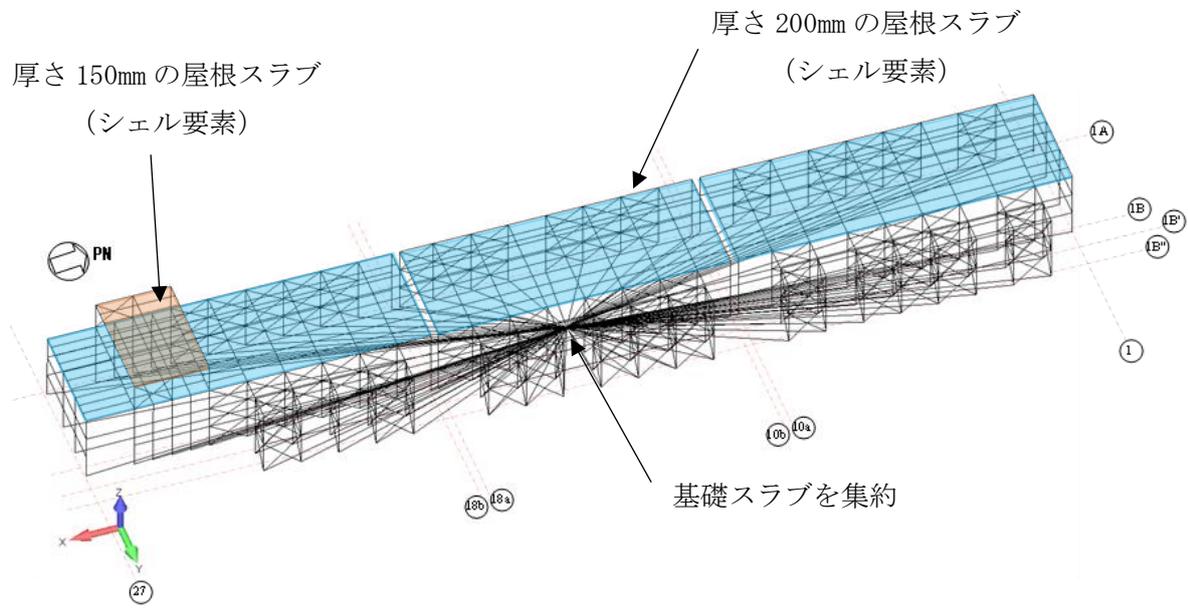


図 3.1-6 建屋の地震応答解析モデル

(3) 評価項目と耐震クライテリア

波及的影響の検討は、表 3.1-4 及び表 3.1-5 に示す項目について評価を行う。

表 3.1-4 建屋のクライテリア

評価項目	考え方	許容限界
層間変形角	最大層間変形角が波及的影響を及ぼさないための許容限界を超えないことを確認	層間変形角* <sup>1,2</sup> 1/30
フレーム架構 (柱及び梁)	架構に崩壊機構が構成されていないことを確認	崩壊機構が構成されない
フレーム架構 (鉛直ブレース)	部材に生じる累積塑性変形倍率が許容限界を超えないことを確認、超える場合は応答による繰り返し回数が許容限界に対して十分な裕度を有していることを確認	累積塑性変形倍率 25 または 破断寿命 1.0* <sup>3</sup>

\*1: 大型廃棄物保管庫建屋は使用済吸着塔を長期間保管する施設であることを考慮し、Ss900 における層間変形角として 1/75 程度を目標とする。

\*2: 「震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針 ((財) 日本建築防災協会)」を参考に許容限界を設定している。なお、被災度区分判定基準においては、柱の残留傾斜角が 1/30 を超えた場合に大破と判定しているが、保守的に最大層間変形角を用いて評価を行う。

\*3: 「中込他、繰返し力を受ける SM490 鋼の疲労性に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 469 号, 127-136, 1995 年 3 月」を参考に許容限界を設定している。

表 3.1-5 屋根のクライテリア

評価項目	考え方	許容限界*
曲げ応力	部材に生じる部材応力が曲げ応力の許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準に基づく 短期許容応力度
面内せん断力	面内せん断力が許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準に基づく 短期許容応力度
面外せん断力	面外せん断力が許容限界を超えないことを確認	RC-N 規準に基づく 短期許容応力度

\*許容限界は平 12 建告第 2464 号第 1 による。

### 3. 2 建屋の耐震性に対する検討

#### (1) 地震応答解析結果

建屋の最大応答加速度分布を図 3. 2-1～図 3. 2-4 に示す。

なお，最大応答加速度が最大となる南棟の結果を記載する。

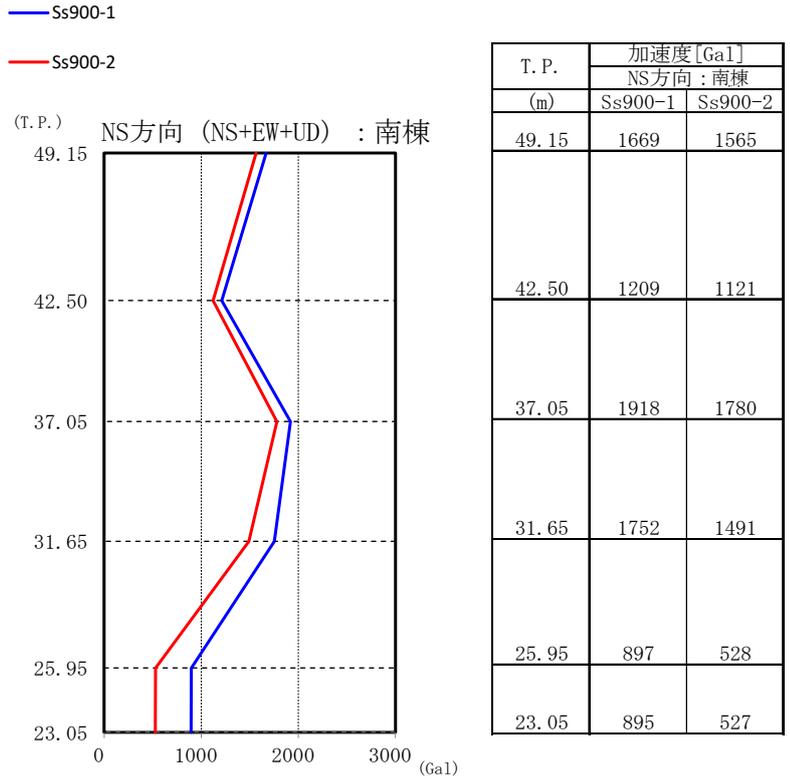


图 3.2-1 最大応答加速度分布 (南棟, NS 方向)

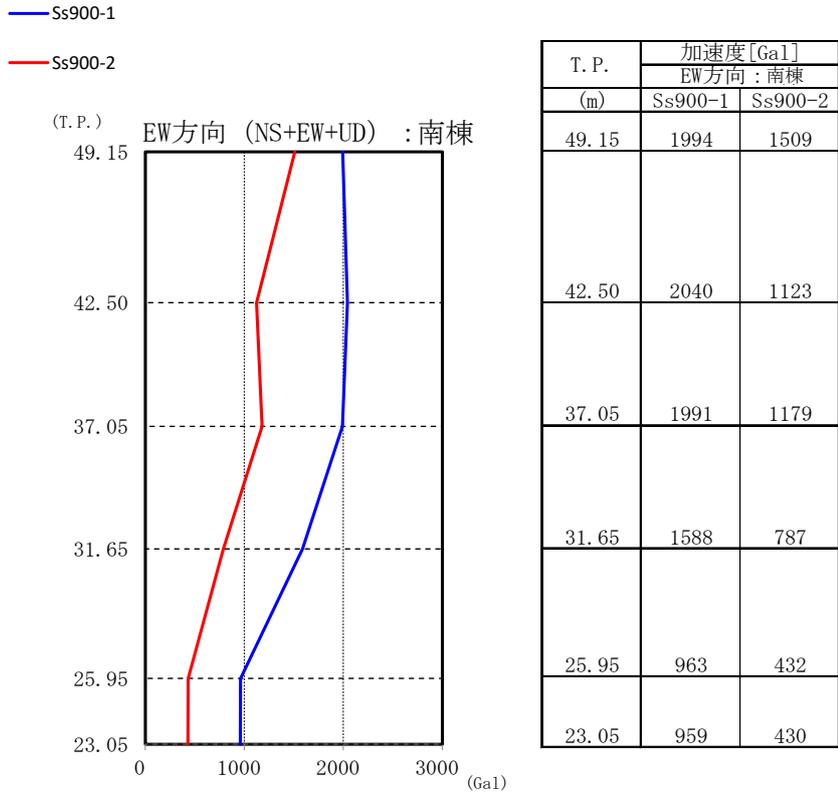


图 3.2-2 最大応答加速度分布 (南棟, EW 方向)

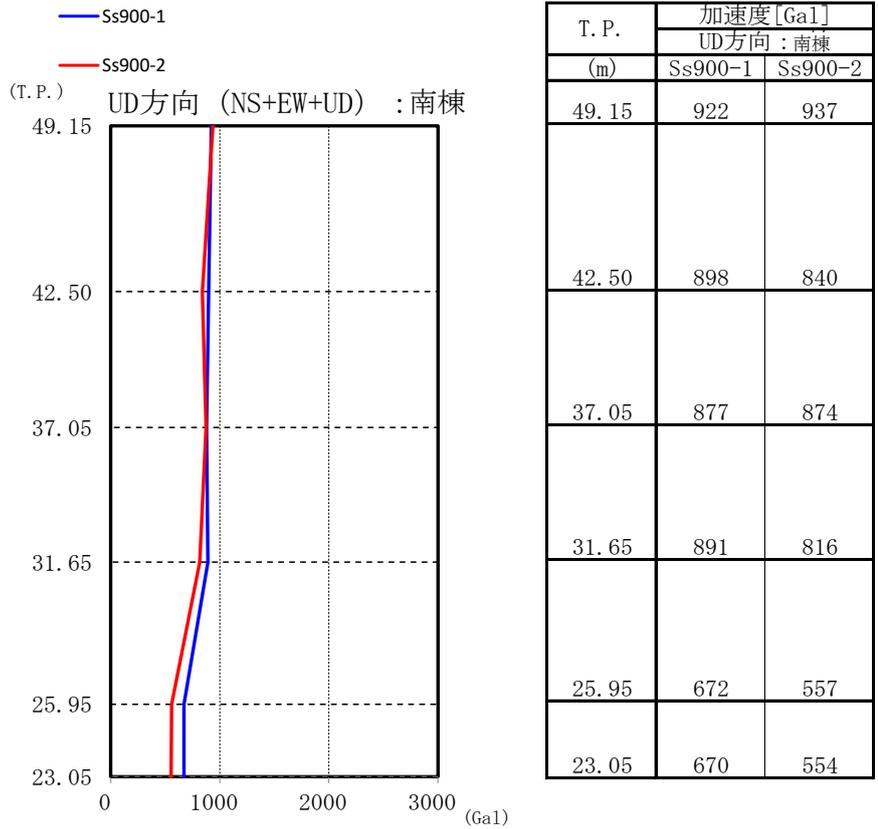
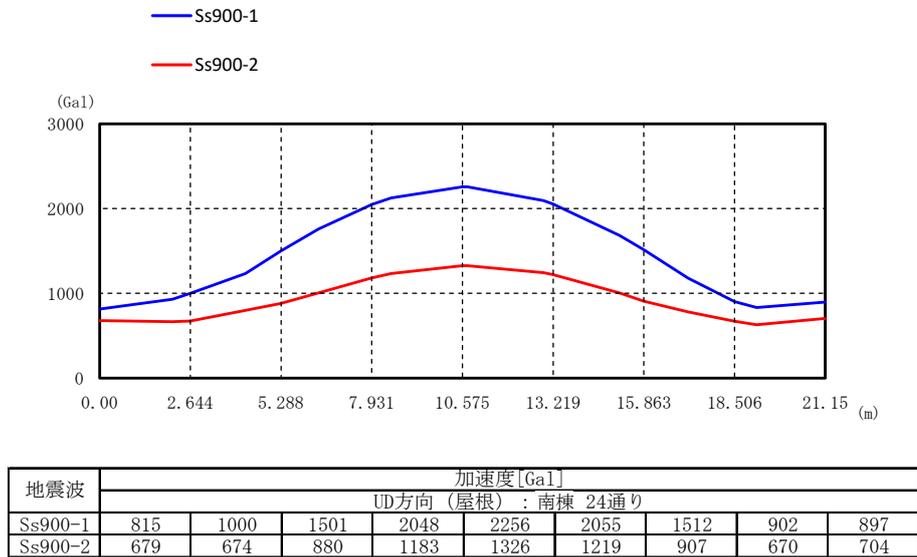


図 3.2-3 最大応答加速度分布 (南棟, UD 方向)



南棟 24 通り屋根部

図 3.2-4 最大応答加速度分布 (南棟, UD 方向 (屋根部))

## (2) 検討結果

地震応答解析結果が「震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（(財)日本建築防災協会）」を参考に定めたクライテリア（「層間変形角が 1/30」以下）を満足することを確認し、崩壊機構を形成しないことも確認する。ただし、大型廃棄物保管庫建屋に収納する吸着塔の耐震クラスを考慮して、層間変形角が 1/75 以下（JSCA 性能設計説明書 2017 年版（社団法人日本建築構造技術者協会，2018 年版）を参考に定めるクライテリア\*）であることを目安とする。

\*：北村春幸，宮内洋二，浦本弥樹「性能設計における耐震性能判断基準値

に関する研究」，日本建築学会構造系論文集，第 604 号，2006 年 6 月

### 1) 層間変形角の検討

最大応答層間変形角および崩壊機構の評価結果を表 3.2-1 に示す。

検討の結果，最大応答層間変形角は 1/74 となり，クライテリアを満足することを確認した。

層間変形角が最大となる南棟の部材塑性率図を図 3.2-5 に示す。

表 3.2-1 最大応答層間変形角および崩壊機構の検討結果

検討箇所		検討結果	許容限界	判定
北棟	層間変形角	NS 方向：1/107 EW 方向：1/101	1/30	OK
	崩壊機構	形成しない	崩壊機構が形成されないこと	
中央棟	層間変形角	NS 方向：1/133 EW 方向：1/117	1/30	OK
	崩壊機構	形成しない	崩壊機構が形成されないこと	
南棟	層間変形角	NS 方向：1/123 EW 方向：1/74	1/30	OK
	崩壊機構	形成しない	崩壊機構が形成されないこと	

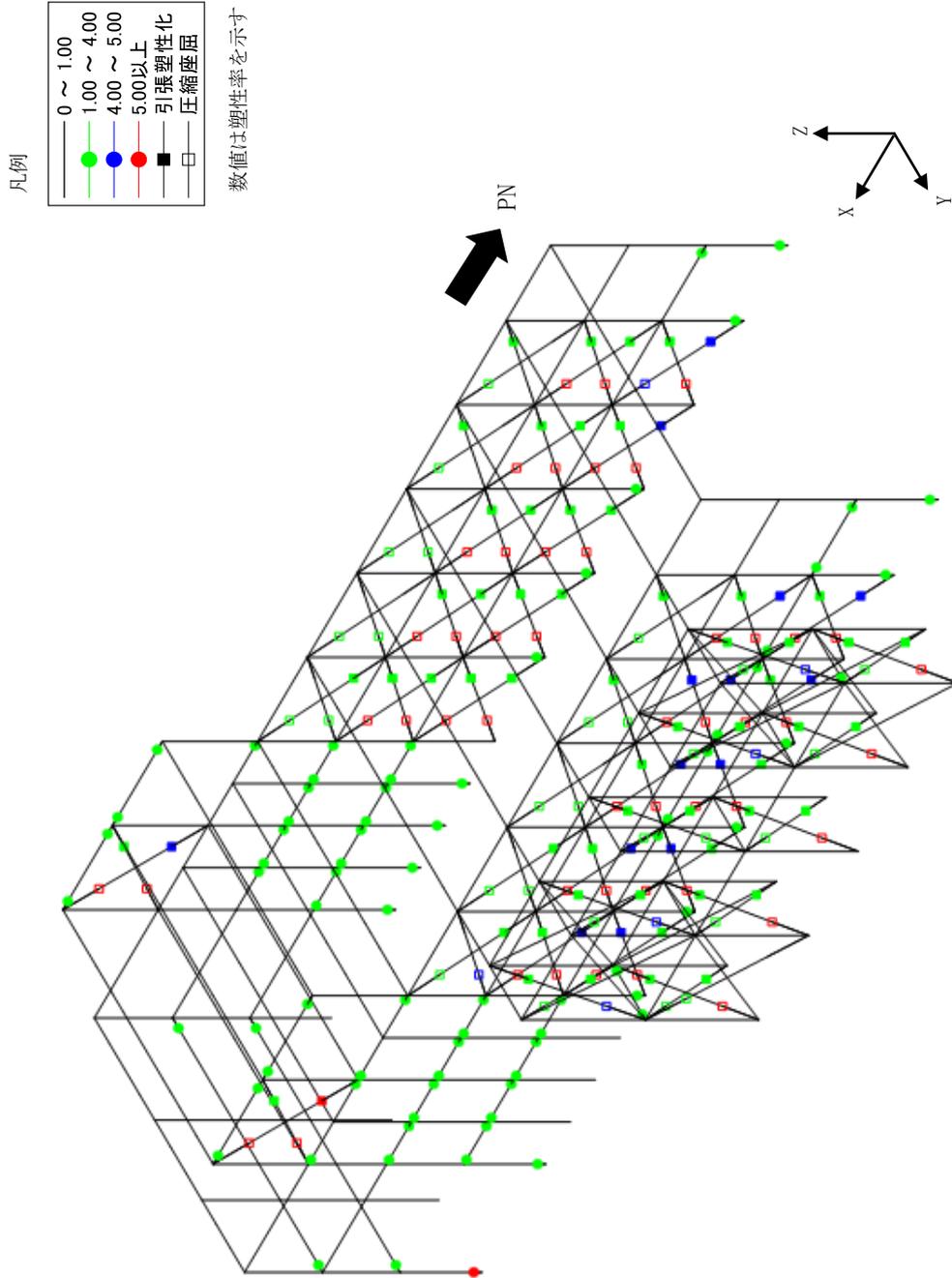


図 3.2-5 部材塑性率図 (Ss900-1, 南棟)

### 3. 3 屋根の耐震性に対する検討

屋根スラブの波及的影響は、Ss900地震時に屋根のクライテリアを満足することを確認する。

#### (1) 断面検討

地震応答解析により得られる面外せん断応力度及び面内せん断応力度がコンクリートの短期許容応力度を超えないことを確認する。

面内せん断応力度がコンクリートの短期許容応力度を超えた場合は該当部材に対して鉄筋も考慮し、部材の精査を行う。

表 3.3-1 に面外せん断力の断面算定結果を、表 3.3-2 に面内せん断力の断面算定結果を示す。

表 3.3-1 屋根スラブの断面算定結果（面外せん断力）

部位	地震波	せん断応力度 $\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力度 $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	検定比	判定
屋根スラブ	Ss900-1	0.37	1.09	0.34	O.K.

表 3.3-2 屋根スラブの断面算定結果（面内せん断力）

部位	地震波	単位長さあたりの必要鉄筋量 $req a_s$ (mm <sup>2</sup> )	単位長さあたりの実際の鉄筋量 $a_t$ (mm <sup>2</sup> )	検定比	判定
屋根スラブ	Ss900-1	693	882	0.79	O.K.

#### 4. 耐震性（機能維持の検討）

##### 4. 1 基礎の検討

###### （1）検討方針

基礎の応力解析は、解析コード「ABAQUS」による3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析を行う。

###### （2）応力解析モデル

###### 1) 解析モデルの設定

解析モデルは図 4.1-1 に示すものとし、支持地盤は等価な弾性ばねとしてモデル化する。

基礎スラブについては、平板としてモデル化し、板厚は1.0～2.9mとする。



## 2) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、積層シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形とし、これらの要素は鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素である。

各要素には、板の曲げと軸力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

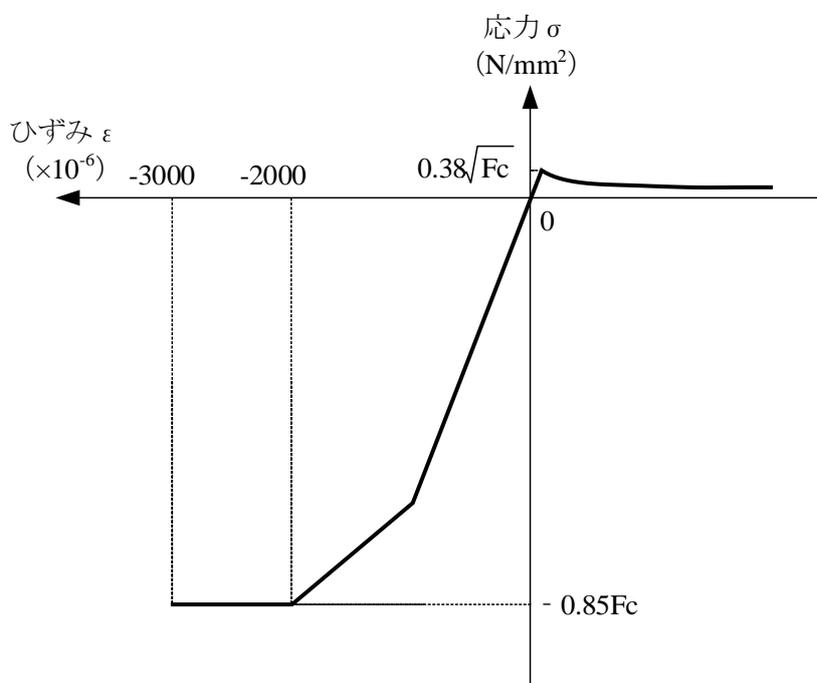
## 3) 境界条件

3次元 FEM モデルの基礎スラブ底面に、地震応答解析で用いた地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元 FEM モデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。なお、基礎スラブ底面の地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

#### 4) 材料構成則

評価で用いる材料構成則を図 4.1-2 に示す。

なお、ヤング係数及びコンクリートの圧縮強度は設計基準強度に基づく値とする。



$F_c$  : コンクリートの設計基準強度

項目	設定
圧縮強度	$-0.85 F_c$ (CCV規格)
終局圧縮ひずみ	$-3000 \times 10^{-6}$ (CCV規格)
圧縮側のコンクリート構成則	CEB-FIP Model code*1に基づき設定
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか (1987) による式*2 ( $c = 0.4$ )
引張強度	$\sigma_t = 0.38 \sqrt{F_c}$ (RC規準)

注：引張方向の符号を正とする。

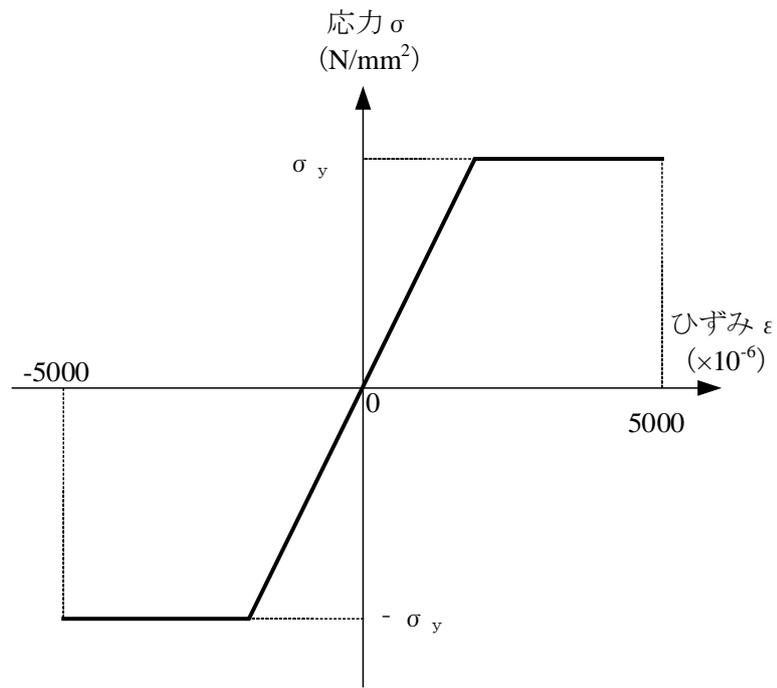
\*1 : Comite Euro-International du Beton : CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993

\*2 : 出雲淳一, 島弘, 岡村甫 : 面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学, Vol. 25, No. 9, 1987. 9

(a) コンクリートの応力-ひずみ関係

図 4.1-2 (1) 材料構成則 (1/2)

- ・鉄筋の構成則：バイリニア型
- ・終局ひずみ： $\pm 5000 \times 10^{-6}$ （C C V規格）



$\sigma_y$  : 鉄筋の降伏強度

注：引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

図 4.1-2 (2) 材料構成則 (2/2)

### (3) 応力解析方法

Ss900-1 及び Ss900-2 に対して 3 次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

建屋上屋の柱脚反力が最大になる時刻における地震荷重を用いる。柱脚反力が最大になる時刻とは、柱脚反力の軸力 (N)、曲げモーメント (M) 及びせん断力 (Q) のそれぞれが最大となる時刻とする。

#### 1) 荷重の入力方法

##### a) 地震荷重

基礎スラブに建屋上屋から作用する水平地震力及び鉛直地震力については、建屋上屋からの荷重を基礎スラブの当該位置の節点に節点荷重として入力する。

基礎スラブ内に作用する荷重については、地震時の建屋上屋からの入力荷重と基礎スラブ底面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大きさに応じて分配し、節点荷重として入力する。

クレーン、使用済吸着塔等から作用する荷重については、基礎スラブの当該位置の節点に節点荷重として入力する。

##### b) 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については、FEM モデルの各節点又は各要素に、集中荷重又は分布荷重として入力する。

### (4) 評価項目とクライテリア

機能維持の検討は、表 4.1-1 に示す項目について評価を行う。

表 4.1-1 基礎スラブのクライテリア

部位	機能維持のための考え方	許容限界
基礎	部材に生じる応力及びひずみが間接支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	・ひずみ*1 コンクリート 3.0×10 <sup>-3</sup> (圧縮) 鉄筋 5.0×10 <sup>-3</sup> ・面外せん断力*2 短期許容せん断力

注記\*1 : C C V規格に基づく。

\*2 : R C -N規準に基づく。

## (5) 断面検討

各要素の軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力を算定し、CCV規格及びRC-N規準に基づき設定した各許容値以下であることを確認する。

### a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが、CCV規格のCVE-3521.2に基づき、表4.1-1に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

### b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、RC-N規準に基づき行う。

面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力(N)

$b$  : 断面の幅(mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値(mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表2.1-1に示す値(N/mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。また、引張軸力が2N/mm<sup>2</sup>を超える場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント(N・mm)

$Q$  : せん断力(N)

$d$  : 断面の有効せい(mm)

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表2.1-1に示す値(N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。(0.002以上とする。\*1)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積(mm<sup>2</sup>)

$x$  : せん断補強筋の間隔(mm)

\*1 : せん断補強筋がない領域については、第2項を0とする。

(6) 検討結果

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋のひずみが最大になる要素，軸力及び曲げモーメントによるコンクリートのひずみが最大になる要素，並びに設計面外せん断力と許容面外せん断力との比が最大となる要素の断面検討結果を表 4. 1-2 に示す。

断面検討の結果，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が各許容値以下であることを確認した。

表 4. 1-2 断面検討結果

評価項目		要素番号	発生値	許容値	検定比
軸力 ＋ 曲げモーメント ＋ 面内せん断力	コンクリート 最大圧縮ひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	2034	457	3000	0.16
	鉄筋最大ひずみ ( $\times 10^{-6}$ )	1950	1235	5000	0.25
面外せん断力	面外せん断力 (kN/m)	3007	2616	5168	0.51

## 4. 2 改良地盤の耐震性に対する検討

### (1) 検討方針

検討は「建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針」に準拠し、Ss900 地震時により発生する荷重に対して許容限界を満足することを確認する。改良地盤の許容限界は、改良指針に倣い、大地震時の許容支持力度を設計基準強度、大地震時の水平抵抗を許容せん断耐力とする。

### (2) 評価項目とクライテリア

機能維持の検討は、表 4.2-1 に示す項目について評価を行う。

表 4.2-1 改良地盤のクライテリア

部位	機能維持のための考え方	許容限界
改良地盤	Ss900 地震時に作用する鉛直応力及びせん断力が許容限界を超えないことを確認	改良指針に基づく 終局強度

### (3) 地震時に対する検討

改良地盤の評価に用いる検討用応力は、地震応答解析に基づく基礎底面反力を使用する。

#### 1) 改良地盤に生じる圧縮応力度

改良地盤の接地圧に対する検討結果を表 4.2-2 に示す。

表 4.2-2 改良地盤の接地圧に対する検討結果

方向	地震波	接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	終局強度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比	判定
NS	Ss900-1	196	1000	0.20	OK
EW	Ss900-1	281	1000	0.29	OK

#### 2) 支持地盤に生じる圧縮応力度

支持地盤の接地圧に対する検討結果を表 4.2-3 に示す。

表 4.2-3 支持地盤の接地圧に対する検討結果

方向	地震波	最大鉛直応力 $\sigma_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	終局強度 (kN/m <sup>2</sup> )	検定比	判定
NS	Ss900-1	180	6645	0.03	OK
EW	Ss900-1	258	6645	0.04	OK

### 3) 改良地盤の水平抵抗力

改良地盤のせん断力に対する検討結果を表 4.2-4 に示す。

表 4.2-4 改良地盤のせん断力に対する検討結果

方向	地震波	最大せん断力 (kN)	水平抵抗力 (kN)	検定比	判定
NS	Ss900-1	335000	769000	0.44	OK
EW	Ss900-1	526000	769000	0.69	OK

## 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力時に用いる模擬地震波について

## 1. はじめに

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力による検討を行う際に、Ss900-1 を用いている。

この際、水平 1 方向には Ss900-1 を用いるが、その直交方向には Ss900-1 とは位相の異なる模擬地震波を用いる。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力による検討において、全く同じ地震動が同時に水平 2 方向に入力されることは現実的に考えにくいことから、Ss900-1 を作成した方法と同一の方法で、目標とする応答スペクトルに適合する模擬地震波を利用する。

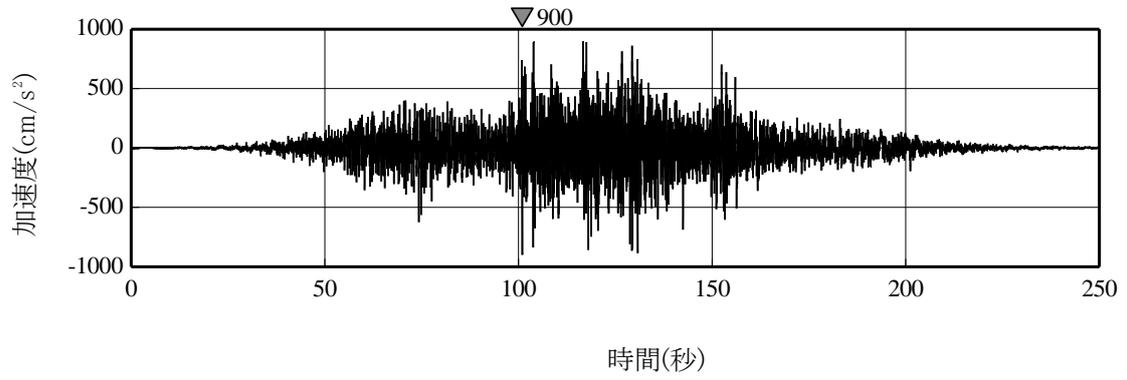
## 2. 模擬地震波の作成方針

応答スペクトル法に基づく手法による Ss900-1 については、水平方向の地震動に方向性がないことから、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力による検討を行う場合、水平 2 方向のうち 1 方向について模擬地震波を作成し入力する方法が考えられる。

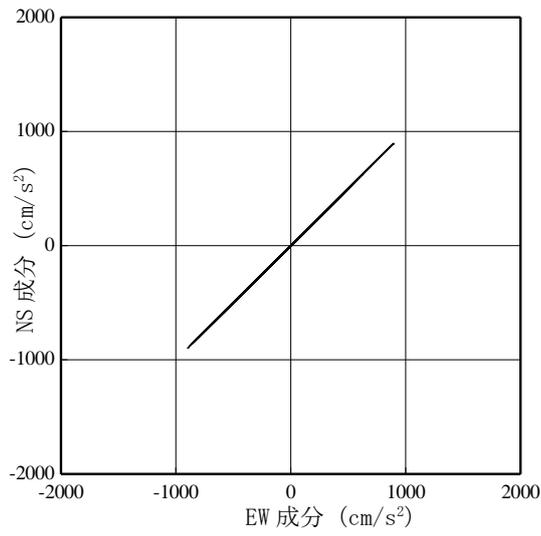
Ss900-1 の位相は、2011 年東北地方太平洋沖地震において福島第一原子力発電所内の地震観測記録の NS 方向の位相を基に模擬地震波を作成している。そこで組み合わせる地震動は、同一の方法で NS 方向と直交する EW 方向の位相を基に作成した模擬地震波とする。

## 2.1 敷地で得られた観測記録による確認

自由地盤観測点における、2011 年東北地方太平洋沖地震（以下、3.11 地震）、2021 年 2 月 13 日の福島県沖の地震（以下、2.13 地震）及び 2022 年 3 月 16 日の福島県沖の地震（以下、3.16 地震）の観測記録から、当該サイトにおいて、水平 2 方向の地震波で位相差が生じる傾向を確認した。確認の方法として、Ss900-1 を同時に水平 2 方向に入力したオービット（図 2.1-1）と、観測記録の水平 2 方向のオービット（図 2.1-2, 図 2.1-3, 図 2.1-4）との比較を行った。図 2.2-1 から、全く同じ地震動を同時に水平 2 方向に入力した場合、オービットは現実的に考えにくい 45° 方向に直線的な軌跡を示す。一方、図 2.1-2, 図 2.1-3 及び図 2.1-4 より観測記録ではオービットは位相差によって生じるランダムな軌跡を示すことを確認した。

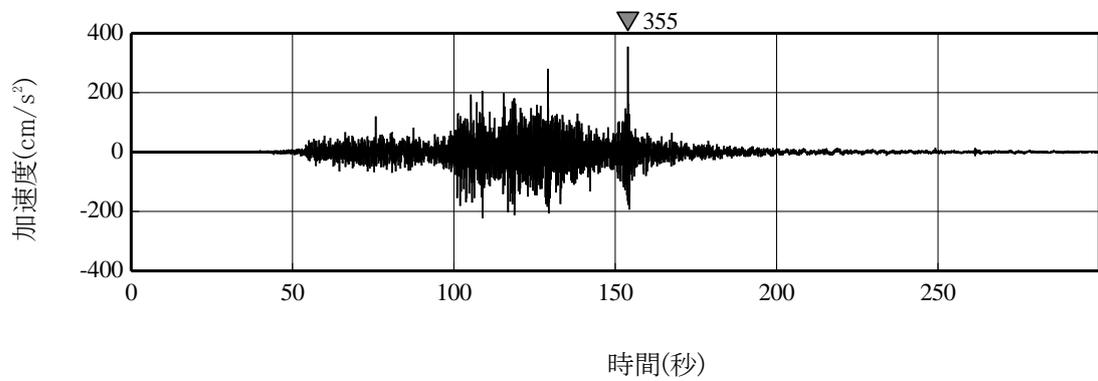
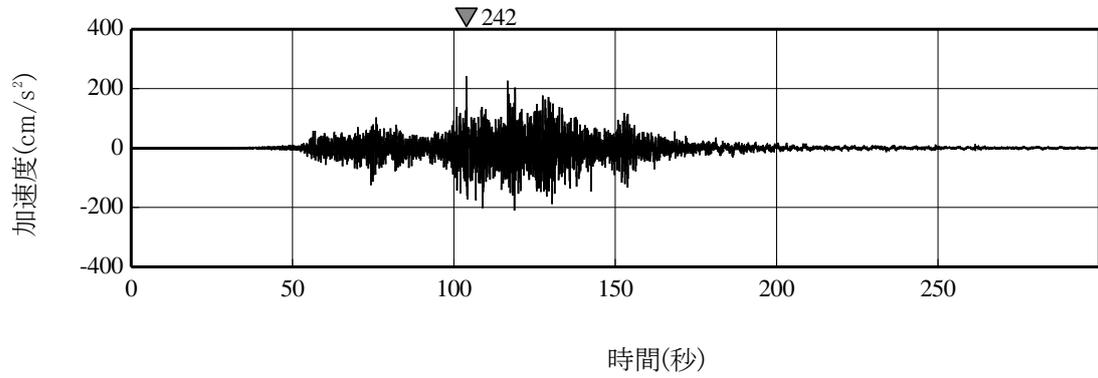


(a) 加速度時刻歴波形

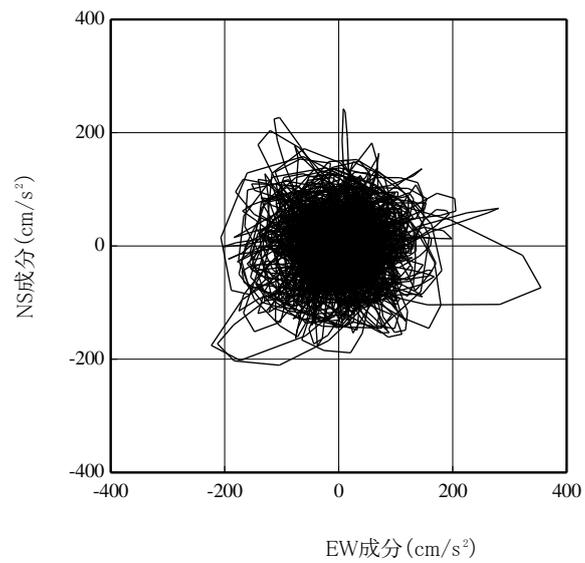


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2.1-1 Ss900-1

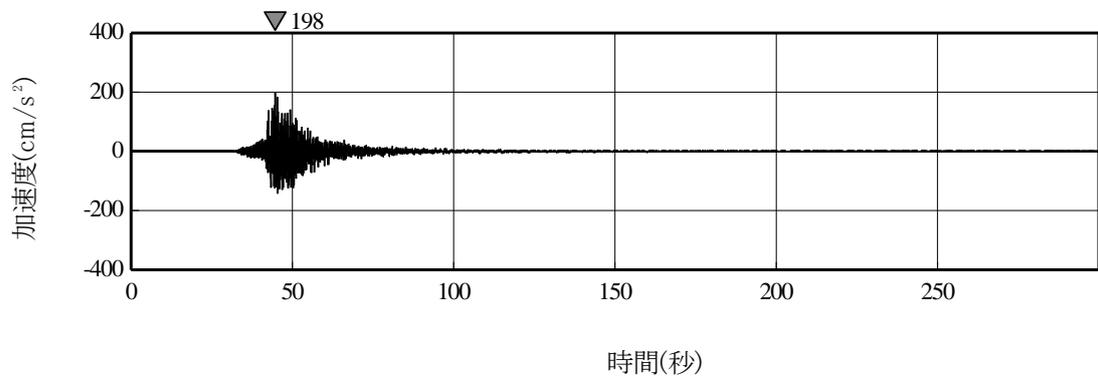
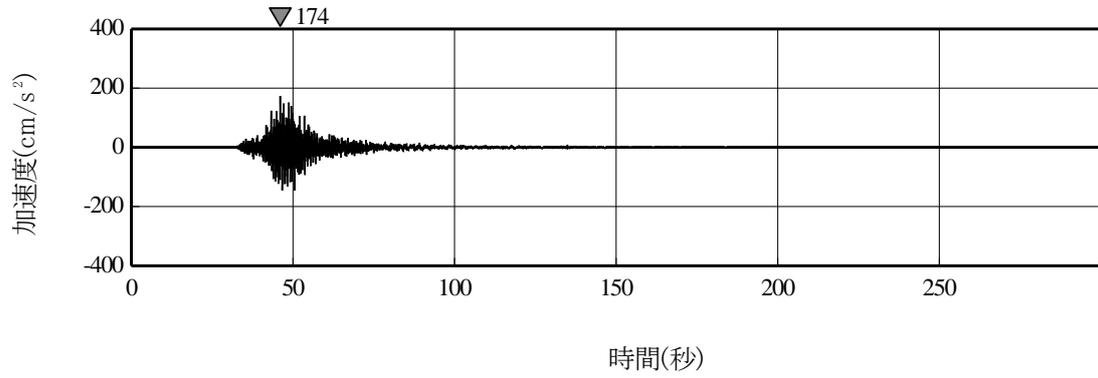


(a) 加速度時刻歴波形

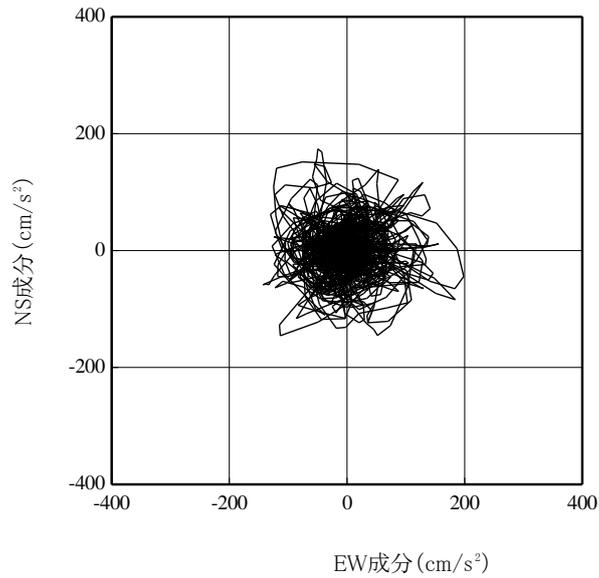


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

図 2.1-2 3.11 地震観測記録 (自由地盤観測点)

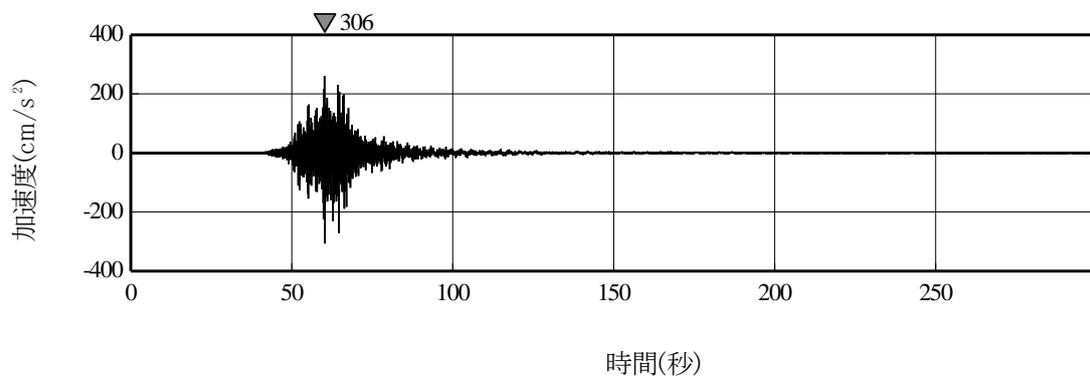
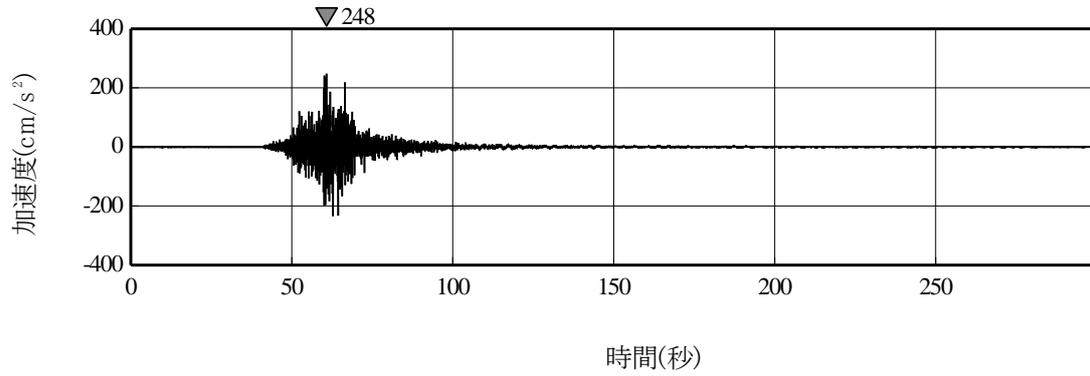


(a) 加速度時刻歴波形

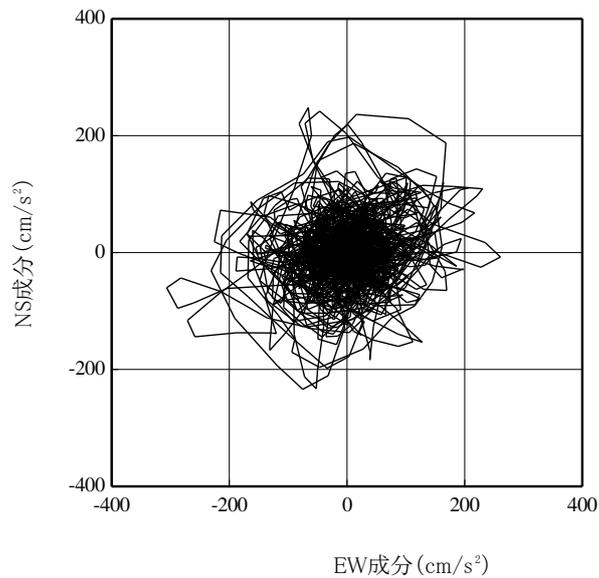


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2.1-3 2.13 地震観測記録 (自由地盤観測点)



(a) 加速度時刻歴波形

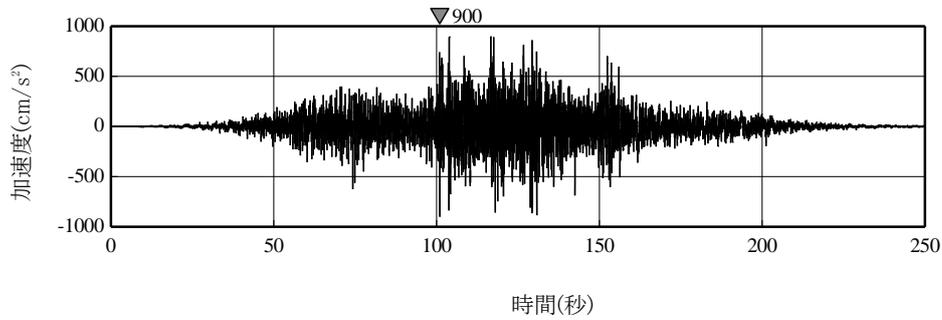


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

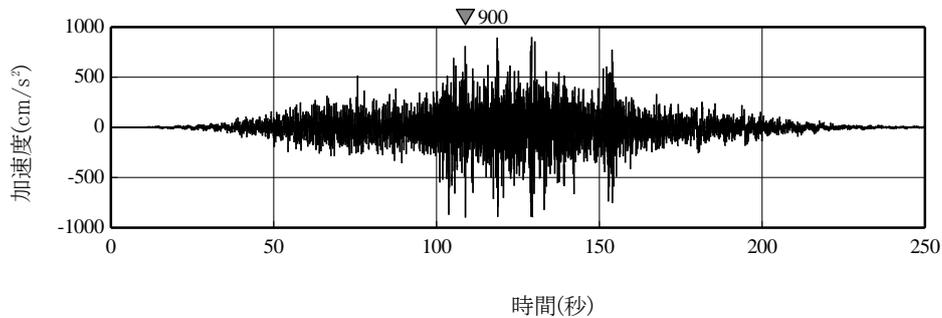
図 2.1-4 3.16 の福島県沖の地震観測記録 (自由地盤観測点)

### 3. 位相特性の異なる模擬地震波の作成結果

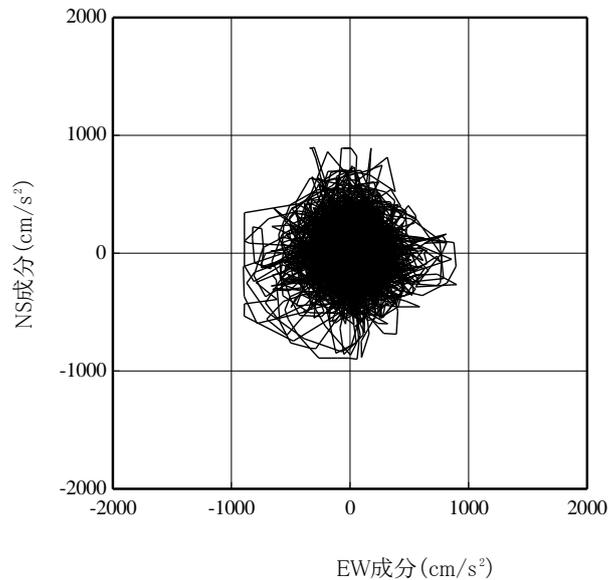
Ss900-1 及び Ss900-1 と組み合わせる模擬地震波の加速度時刻歴波形及びそれぞれの地震波を2方向入力した場合のオービット及び応答スペクトルを図 2.1-5 に示す。



(a) Ss900-1 の加速度時刻歴波形

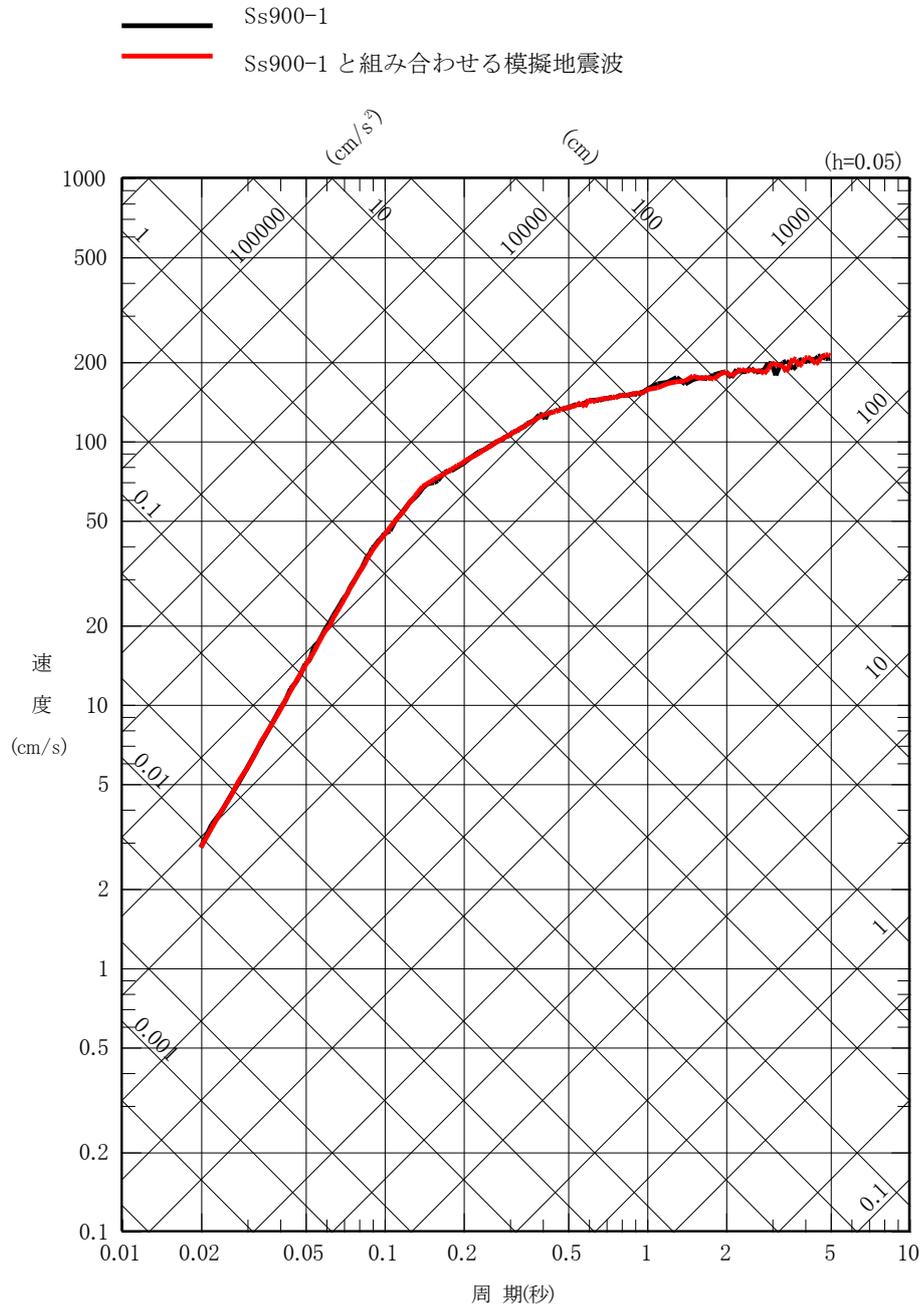


(b) Ss900-1 と組み合わせる模擬地震波の加速度時刻歴波形



(c) 水平2方向の加速度成分のオービット

図 2.1-5 Ss900-1 (1/2)



(d) 水平 2 方向の地震動の応答スペクトル

図 2.1-5 Ss900-1 (2/2)

「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可の申請  
に関する核セキュリティ及び保障措置への影響について

<申請書>

申請件名	大型廃棄物保管庫建屋の耐震補強
申請概要	大型廃棄物保管庫は、一時保管施設にて屋外一時保管している水処理二次廃棄物（使用済吸着塔）の漏洩リスク低減を早期に解決するための施設であり、建屋の耐震クラス変更に伴い建屋耐震補強を行う。これに伴い、「福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画」の変更認可申請を行う。

上記の申請に関する核セキュリティ及び保障措置への影響の有無についての確認結果を以下に示す。

<核セキュリティ及び保障措置への影響の有無>

	確認項目	影響の有無	備考
核セキュリティへの影響	① 防護対象の追加等による影響の有無	無	防護対象の追加等はないので、影響無し。
	② 侵入防止対策に係る性能への影響の有無	無	防護設備及び監視体制に変更を及ぼすものではないので、影響無し。

保障措置への影響	① 設計情報質問表 (DIQ:Design Information Questionnaire) への影響の有無	無	変更手続きが必要な事項に該当しないため、影響無し。
	② 査察機器の移設又は新規設置の有無	無	既存の査察機器との干渉がないため、影響無し。
	③ サイト内建物報告の観点から、恒久的な建物・構造物の新設の有無	無	既報告の内容に変更がないため、影響無し。
	④ 既存の査察実施方針への影響の有無	無	既存のIAEA査察内容(施策)での対応可能。