

廃炉発官 R 7 第 1 9 3 号
令和 8 年 3 月 3 1 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 変更認可申請書の
一部補正について

令和 7 年 8 月 8 日付け廃炉発官 R 7 第 6 4 号をもって申請しました福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画 変更認可申請書を別紙の通り一部補正をいたします。

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。

補正箇所、補正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

放射性物質分析・研究施設第2棟に設置する設備の仕様変更に関して、審査の進捗をふまえ、下記の通り補正を行う。

I 特定原子力施設の全体工程及びリスク評価

2 リスク評価

2.4 特定原子力施設の今後のリスク低減対策

本文

- ・変更なし

添付資料－1

- ・変更なし

II 特定原子力施設の設計、設備

2 特定原子力施設の構造及び設備、工事の計画

2.48 放射性物質分析・研究施設第2棟

本文

- ・審査進捗に伴う記載の変更

添付資料－1

- ・変更なし

添付資料－2

- ・審査進捗に伴う記載の変更
- ・記載の適正化

添付資料－3

- ・審査進捗に伴う記載の変更
- ・記載の適正化

添付資料－4

- ・審査進捗に伴う記載の変更
- ・記載の適正化

添付資料－5

- ・記載の適正化

以 上

別添

2.48 放射性物質分析・研究施設第2棟

2.48.1 基本設計

2.48.1.1 設置の目的

放射性物質分析・研究施設第2棟（以下「第2棟」という。）は、福島第一原子力発電所（以下「発電所」という。）で発生した燃料デブリ等（燃料デブリの他、炉内構造物、水処理二次廃棄物等の高線量廃棄物を含む。）の性状を把握することにより、その安全な取り出し等の作業の推進に資する情報を取得するため、分析・試験を行うことを目的とする。

2.48.1.2 要求される機能

第2棟においては、燃料デブリ等について、搬入、分析・試験（切断、研磨、粉碎、溶解等の試料調製を含む。）、一時的な保管及び搬出を行えること。また、第2棟で発生する放射性の廃棄物について一時的な保管及び搬出を行えること。

第2棟内で取り扱う放射性物質については、必要に応じて遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止、質量管理等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減し、臨界の発生を防止すること。

2.48.1.3 設計方針

第2棟の安全対策は、他の特定原子力施設の設計を参考にしつつ、「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」を満たした設計とする。また、既存の核燃料物質等の使用施設を参考にしつつ、合理的に対応可能な範囲で、「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（以下「使用許可基準規則」という。）についても考慮した設計とする。

(1) 電源の確保

第2棟は、2系統より受電する設計とし、1系統からの受電が停止した場合でも、すべての負荷に給電できる構成とする。外部電源が喪失した場合でも、必要な設備に給電する非常用電源設備を設置する。

外部電源、非常用電源設備及びその他関連する電気系統の設備故障により、必要な設備への電力供給が喪失することがないように、遮断器と保護継電器を連系できる構成とする。保護継電器は、計器用変圧器・変流器を介して電圧、電流の大きさ及び位相条件により異常を検出し電気系統を保護する。保護継電器で異常を検知した場合は、異常拡大防止のため保護継電器からの信号で遮断器を開放し、異常箇所を隔離することで他の電気系統への異常の拡大及び伝播を防止する。

(2) 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

第2棟で発生する放射性の固体廃棄物（以下「第2棟固体廃棄物」という。）の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、適切に処理し、十分な保管容量の確保、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。

第2棟において、低線量の第2棟固体廃棄物を、可燃物、難燃物及び不燃物に分別し、固体廃棄物払出準備室で一時的に保管する。また、高線量の第2棟固体廃棄物を、第2棟内のコンクリートセル、試料ピットに一時的に保管又は遮へい容器に入れた状態で、固体廃棄物払出準備室で一時的に保管する。

第2棟においては、第2棟固体廃棄物の一時的な保管のみを行い、定期的に発電所内の固体廃棄物貯

蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

(3) 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

第2棟で発生する放射性の液体廃棄物（以下「第2棟液体廃棄物」という。）の処理・貯蔵にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、当該廃棄物の発生量を抑制し、放射性物質濃度低減のための適切な処理、十分な保管容量の確保、遮へいや漏えい防止・汚染拡大防止等を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減する。また、第2棟では、十分な閉じ込め能力を有し、漏えい及び汚染拡大しにくい構造物とすることにより、地下水、漏水等によって放射性物質が環境中に放出しないようにする。

第2棟液体廃棄物として、分析廃液、設備管理廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液が発生する。第2棟液体廃棄物については、性状に応じて適切に処理し、受槽及び保管ラックで一時的に保管ができるようにする。第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備については、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 機器、配管等には環境及び内部流体の性状に応じた適切な材料を使用するとともに、受槽には液位計を設置する。
- b. 液体廃棄物一時貯留設備には、万一、第2棟液体廃棄物が漏えいした場合の拡大を防止するため、堰を設置する。堰は、堰内に設置する受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また、堰内は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂で塗装する。第2棟液体廃棄物が堰内に漏えいした場合は、堰内に設置した漏えい検知器により検知する。
- c. 液位計、漏えい検出装置等の警報は、制御室で発報し、運転員へ確実に伝達することで適切な措置を行えるようにする。
- d. 液体廃棄物一時貯留設備を、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため、地下1階に設置する。

なお、コンクリートセル、鉄セル及びグローブボックス（以下「セル等」という。）並びにフードにおいて発生した放射能濃度の高い第2棟液体廃棄物を、コンクリートセル及びグローブボックスで固化処理したのち、第2棟固体廃棄物として搬出する。

(4) 放射性気体廃棄物の処理・管理

第2棟で発生する放射性の気体廃棄物（以下「第2棟気体廃棄物」という。）の処理にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、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。また、排気口から放出される第2棟気体廃棄物の放射能濃度が「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」（平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号）に定める濃度限度を下回ることを確認する。

(5) 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

敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため、第2棟においては換気空調設備、遮へい等の放射線防護上の措置を講じた設計とする。第2棟の設置後においても、敷地内に保管されている発災以降に発生した瓦礫、汚染水等による敷地境界における実効線量を1mSv/年未満とする。

なお、排気口から放出される放射性物質による敷地境界外における実効線量は、直接線・スカイシャイン線による実効線量に比べ小さい。

(6) 作業者の被ばく線量の管理等

第 2 棟は、作業内容に応じて建屋内を区分し、区分ごとに外部放射線に係る設計基準線量率を設定する。放射線業務従事者及び一時立入者（以下「放射線業務従事者等」という。）の立入場所における線量及び作業における被ばく線量を達成できる限り低減できるように、遮へい、機器の配置、放射性物質の漏えい防止及び換気等の所要の放射線防護上の措置を講じた設計とする。

燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備からの放射線に対して、放射線業務従事者等を保護するため、必要に応じてコンクリート等の壁・天井による遮へいを行う。

管理区域の作業環境管理、放射線業務従事者等の被ばく管理を適切に実施するため、管理区域内にエリアモニタ等を設置する。

放射性物質を取り扱う設備は、放射性物質の漏えいを防止する設計とする。万一、放射性物質が漏えいした場合に備えて、その漏えいを検知する機能を設ける。

セル等は、換気空調設備で内部を負圧に維持することで放射性物質を閉じ込める設計とする。万一、負圧維持ができない場合は、セル等の構造（給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタを含む。）で放射性物質を閉じ込める設計とする。セル等の負圧維持機能を有する換気空調設備は 2 式設置し、電源も 2 系統確保する。さらに、万一、外部電源が喪失した場合でも負圧維持が継続できるように、非常用電源設備を設置する。

(7) 緊急時対策

発電所における第 2 棟の基本的な考え方においては、緊急時に必要な施設、資機材等を整備するとともに、適切な警報系及び通信連絡設備を備える。

a. 緊急時において必要な施設及び資機材

第 2 棟では、以下について整備する。

- (a) 安全避難経路の設定
- (b) 火災検知器、消火設備及び防火区画の設置
- (c) 非常用照明及び誘導灯の設置
- (d) 緊急時の資機材としての担架、除染用具及びサーベイメータの整備

b. 緊急時の警報系及び通信連絡設備

第 2 棟では、緊急時に必要な施設、資機材等を整備するとともに、適切な警報系及び通信連絡設備を備える。また、外部電源喪失時は、非常用電源設備から給電できる設計とする。

(a) 警報系（火災、放射線関係）

第 2 棟内において、火災又は放射線に係る異常事象が生じた場合は、警報が発報することにより、施設内の放射線業務従事者等に対し異常を伝えることができる設計とする。

(b) 通信連絡設備（運転指令設備）

第 2 棟内の放射線業務従事者等に対する指示は、放送設備、ページング又は電話回線を用いて行う。第 2 棟から免震重要棟（緊急時対策所）に対しては電話回線又は LAN 回線（インターネット回線及び専用 LAN）を用いて連絡する。また、免震重要棟（緊急時対策所）から第 2 棟に対しても、同設備を用いて連絡する。特定原子力施設内の全ての人に対する指示が必要な場合には免震重要棟（緊急時対策所）を介して行う。第 2 棟から免震重要棟（緊急時対策所）及び関係箇所（構外）への連絡設

備は、固定電話、携帯電話、衛星電話、ファクシミリ装置及びインターネット回線を用いることで多様性及び多重性を確保する。

さらに、第2棟と免震重要棟（緊急時対策所）間には、ホットライン（専用電話）及び専用LANを敷設することで多様性を確保する。

c. 休日、夜間における初期対応

休日、夜間における初期対応は、第2棟に駐在する者が行う。

(8) 準拠規格及び基準

第2棟の構築物、系統及び機器は、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準により、設計、材料の選定、製作及び検査を実施する。

(9) 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

第2棟の建屋及び設備の耐震設計は、「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」（令和4年11月16日原子力規制委員会了承、令和5年6月19日一部改訂）に基づき、クラス別分類を行い、当該クラスに適用される設計用地震力に対して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

第2棟は、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設計とする。

なお、防護すべき施設への地震以外の自然現象による影響評価については、それらを内包する第2棟建屋で防護することを基本方針とする。また、防護すべき設備として、当該設備の安全機能が喪失した場合に公衆に対して過度な放射線被ばくを及ぼすおそれがあるコンクリートセル（給排気弁含む。）及び試料ピットは、事故荷重を受けるものではなく、想定すべき自然現象や自然現象の組合せを考慮して、最も厳しいと考えられる条件に対して安全性が損なわれない設計とする。

(10) 外部人為事象に対する設計上の考慮

第2棟は、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2棟に対する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。

(11) 火災に対する設計上の考慮

a. 火災一般

第2棟は、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並びに火災の影響の軽減対策を適切に組み合わせた措置を講ずる。

b. 火災防護

第2棟の建屋は、建築基準法等の関係法令に基づく耐火建築物とし、可能な限り不燃材料又は難燃材料を使用する。また、防火区画を設置し、消防設備と組み合わせることにより、火災の影響を軽減する設計とする。主要構造部の外壁は、延焼を防止するために必要な耐火性能を有する設計とする。

放射性物質を取り扱うセル等及びフードは、可能な限り不燃材料又は難燃材料を使用する設計とする。可燃物は、金属製の容器に収納して使用時に取り出すこととし、分析・試験では少量の可燃物しか取り扱わないようにする。

第2棟固体廃棄物は、金属製の容器に収納する。また、第2棟液体廃棄物を一時的に保管する設備は、静電気等の放電のため接地する。

内部火災による影響を防護するため、火災防護を行う機器等の配置、系統分離の状況及び壁の設置状況を考慮して火災区域及び火災区画を設定し、必要な措置を講ずる。

c. 火災検知・消火

建屋内に設置する火災検知器及び消火設備（屋内消火栓設備及び消火器）は、早期消火を行えるよう消防法等の関係法令に基づいた設計とする。

セル等に対しては、温度計及び窒素ガス消火設備を設置し、火災の早期検知、消火活動の円滑化を図る。セル等に設置する温度計はセル等内の温度を測定し、設定値（60℃）を超えた場合は、当該設備の操作盤及び制御室に警報を発報する。

窒素ガス消火設備は、再着火防止を考慮した設計とし、窒素ガス貯蔵容器の交換時を考慮して、窒素ガス貯蔵容器ユニットを2式設置する。

d. 分析・試験における火災防護

燃料デブリ等の分析・試験により発生する切断粉等は、金属製の容器に収納する。

引火性の試薬等を使用する際は、周辺に着火源を置かないようにし、加熱する際は、防爆仕様の機器を用いる。さらに、防爆仕様の機器を使用する際は、周辺に可燃物を置かない等の火災防護上の措置を講ずる。

分析・試験に伴い危険物が発生するおそれがある場合には、中和等の安定化処理を行い、水の放射線分解による水素発生と水素ガス使用機器からの漏えいに対しては、換気による希釈と帯電防止対策を行う。

(12) 環境条件に対する設計上の考慮

第2棟の構築物、系統及び機器は、それぞれの場所に応じた圧力、温度、湿度、放射線等に関する環境条件を考慮し、そこに設置する安全機能を有する構築物、系統及び機器は、これらの環境条件下で期待されている安全機能が維持できる設計、材料の選定及び製作とする。

(13) 運転員操作に対する設計上の考慮

第2棟では、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。

(14) 信頼性に対する設計上の考慮

第2棟の安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得るものとする。また、第2棟の重要度の特に高い安全機能を有する系統は、その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計とする。

(15) 検査可能性に対する設計上の考慮

第2棟の構築物、系統及び機器は、それら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。

(16) その他の設計上の考慮

a. 燃料デブリ等の取り扱い

第2棟では燃料デブリ等を含む核燃料物質について、確実に臨界未満に維持し、安全に取り扱い、飛散を防止し、適切に遮へい及び一時的に保管できる設計とする。作業者及び敷地内外の安全の確保を図りつつ、1号炉から4号炉の廃炉をできる限り速やかに、かつ、安全に実現するため、また、燃料デブリ等の搬入を安全に実現するために適切な措置を講ずる。

燃料デブリ等の分析・試験（切断、研磨、粉碎、溶解等の試料調製を含む。）、一時的な保管及び搬出においても、これらを安全に実現するために適切な措置を講ずる。上記に加えて、災害の防止等のために必要な措置を講じる。

燃料デブリ等は、第2棟のローディングドックから搬入する。搬入の際、ローディングドックにある複数の扉等を同時に開放できない設計とする。ローディングドックへ搬入後、燃料デブリ等をサービスエリアへ移送し、天井ポート（トップローディング方式）又は背面ポート（サイドローディング方式）からコンクリートセルに搬入する。トップローディング方式で燃料デブリ等を搬入する際には、気密を保持するためポリ塩化ビニール製のバッグ等を使用する。また、サイドローディング方式で燃料デブリ等を搬入する際には、容器内部を気密にすることができる容器を使用する。

燃料デブリ等を搬出する際も同様とする。また、燃料デブリ等は、XXXXXXXXXXの試料ピットで一時的に保管できるようにする。

コンクリートセルと鉄セル間、鉄セルとグローブボックス間及びグローブボックスとフード間で燃料デブリ等を移送する際には気密を考慮した扉を介して行う。

フードから分析室又は $\alpha \cdot \gamma$ 測定室へ燃料デブリ等を移送する際には、気密を考慮した容器に収納する。

(a) 臨界未満の維持

燃料デブリ等を取り扱う施設は、燃料デブリの取扱量及び形状を制限することで、適切に臨界未満を維持できる設計とする。

(b) 飛散防止

燃料デブリ等を取り扱う施設は、放射性物質を限定された区域に適切に閉じ込めることができる設計とする。

(c) 遮へい

燃料デブリ等を取り扱う施設は、放射線に対して適切な遮へい能力を有する設計とする。

(d) 冷却及び貯蔵（一時的な保管）

第2棟に貯蔵施設は無いが、燃料デブリ等はXXXXXXXXXXの試料ピットで、一時的に保管できる設計、かつ、燃料デブリ等を一時的に保管するために十分な容量を確保できる設計とする。

なお、試料ピットに一時的に保管する燃料デブリ等は、事故の発生から時間が経過しているため、その崩壊熱が十分に小さいことから、冷却する必要はない。

(e) 作業者及び敷地内外の安全の確保

第2棟では、緊急時に必要な施設及び資機材等を整備するとともに、適切な警報設備及び通信連絡設備を備える。また、第2棟の安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得るものとする。

(f) 1号炉から4号炉の廃炉

第2棟では、燃料デブリ等の性状を把握することにより、その安全な取り出し等の作業の推進に資する情報を取得する。

(g) 災害の防止等

第2棟で想定される災害は、火災、化学薬品の漏えい、燃料デブリ等の臨界が想定される。これら想定される災害に対して適切な対策を講じ、災害を防止する。

燃料デブリの臨界については、通常時に予想される機器又は器具の単一の故障若しくはその誤作動又は作業者の単一の誤操作を想定した場合においても、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界に達するおそれのない設計とする。

b. 機器の故障への対応

(a) 機器の単一故障

i) 負圧維持機能を有する動的機器の故障

第2棟の負圧維持機能を有する動的機器に関しては、2式設置する。負圧維持機能を有する動的機器が故障した場合でも、待機している機器が起動することにより負圧を維持する設計とする。

ii) モニタリング設備の故障

試料放射能測定装置は、2チャンネルを有し、1チャンネル故障時でも他の1チャンネルで第2棟の排気口における放射性物質濃度を確認できる設計とする。

(b) 複数の設備が同時に機能喪失した場合

第2棟の換気空調設備の排風機が複数同時に機能喪失した場合は、速やかに分析作業等を中止する。

なお、排風機を作動することができず負圧にできない場合は、セル等の構造（セル等、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタ）で放射性物質を閉じ込める。

c. その他の考慮

第2棟は、第2棟固体廃棄物及び第2棟液体廃棄物の発電所内移送先が決定後、運用開始する。

2.48.1.4 供用期間中に確認する項目

第2棟から放出する排気については、放射性物質の濃度を環境に放出可能な値までに低減できていること。

2.48.1.5 主要な機器等

第2棟は、建屋、分析・試験設備、換気空調設備、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備、放射線管理設備、非常用電源設備、天井クレーン及び遮へい壁により構成する。

2. 48. 1. 5. 1 第 2 棟の建屋

第 2 棟の建屋は、発電所西門北側の放射性物質分析・研究施設第 1 棟（以下「第 1 棟」という。）に隣接して配置する、鉄筋コンクリート造の地下 1 階、地上 2 階建ての平面が約 35m（東西方向）×約 28m（南北方向）の建物で、地上高さは約 17m である。

2. 48. 1. 5. 2 分析・試験設備

分析・試験のための設備は、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード及び各種分析装置から構成する。燃料デブリ等を第 2 棟に搬入した後は、燃料デブリ等を各種分析装置で分析可能な形態にするために、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス及びフード内において試料の調製を行った後、放射能測定装置、化学分析装置、物性測定装置等を用いて分析・試験を行う。また、各種分析装置の校正等の目的で、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室において標準試料を取り扱う。

コンクリートセルでは、高線量の燃料デブリ等が収納された容器から燃料デブリ等を取り出して外観確認等を実施し、切断、研磨、粉砕、溶解等の試料調製を行い、分析・試験に必要な量を採取する。

鉄セルでは、コンクリートセルで採取された試料に対して、各種装置による分析・試験又は核種分離等の前処理を行い、分析に必要な量を採取する。

グローブボックスでは、鉄セルで採取された試料に対して核種分離等の前処理を行い、分析に必要な量を採取する。また、試料調製後の試料に対して、各種分析装置で分析を行う。

フードでは、グローブボックスで採取された試料の搬出及びマイラー処理等の試料調製を行う。 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室では、試料調製後の試料に対して、各種分析装置で分析を行う。

燃料デブリ等から採取した試料の一部、試料採取時に発生した小片等の残試料、分析・試験後の試料等を試料ピットで一時的に保管する。

2. 48. 1. 5. 3 換気空調設備

コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等の排気は、高性能フィルタを有したフィルタユニット（セル・グローブボックス用排気フィルタユニット及びフード用排気フィルタユニット）で放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、排風機（セル・グローブボックス用排風機及びフード用排風機）を介して第 2 棟の排気口から大気放出する。また、管理区域への給気は、管理区域用送風機で行う。管理区域の排気は、管理区域用排風機で行い、管理区域用排気フィルタユニットを介して第 2 棟の排気口から大気放出する。

なお、セル等の給気側（コンクリートセル用給気フィルタユニット、鉄セル用給気フィルタユニット及びグローブボックス用給気フィルタユニット）は、排風機停止等に伴う漏えいを考慮し、高性能フィルタを設置する。

2. 48. 1. 5. 4 固体廃棄物払出準備設備

第 2 棟固体廃棄物は、第 2 棟内で一時的に保管ができるようにする。一時的に保管した第 2 棟固体廃棄物は、発電所内の放射性の固体廃棄物等の管理施設等に払い出す。

2. 48. 1. 5. 5 液体廃棄物一時貯留設備

第 2 棟液体廃棄物は、第 2 棟内で一時的に保管ができるようにする。一時的に保管した第 2 棟液体廃棄物（中和等により安定化した分析廃液、設備管理廃液及び塩酸含有廃液並びに有機廃液）を発電所内の放射性の液体廃棄物関連施設に払い出す。このため、第 2 棟液体廃棄物の受槽（分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽）、配管、第 2 棟液体廃棄物の移送を行うポンプ（分析廃液移送ポンプ、分析廃液回収ポンプ、設備管理廃液移送ポンプ及び設備管理廃液回収ポンプ）等を設置する。

2. 48. 1. 5. 6 放射線管理設備

第 2 棟の排気口において排気中の放射性物質濃度をモニタリング設備（試料放射能測定装置）により確認する。また、管理区域の作業環境管理、放射線業務従事者等の被ばく管理を適切に実施するため、管理区域内にエリアモニタ等を設置する。

2. 48. 1. 5. 7 非常用電源設備

外部電源の喪失が発生した際、第 2 棟の保安上必要とされる負荷に電力を供給するため、非常用電源設備を設置する。

2. 48. 1. 5. 8 天井クレーン

第 2 棟には、燃料デブリ等を収納する輸送容器を運搬するため、天井クレーンを設置する。

2. 48. 1. 5. 9 遮へい

燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備からの放射線に対して、放射線業務従事者等を保護するため、必要に応じてコンクリート等の壁・天井による遮へいを行う。また、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するために、燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備からの放射線について、コンクリート等の壁・天井による遮へいを行う。

2. 48. 2 基本仕様

2. 48. 2. 1 主要仕様

2. 48. 2. 1. 1 分析・試験設備

(1) コンクリートセル

コンクリートセルNo. 1～4						
遮へい体	躯体	主要寸法	主要材料	—	普通コンクリート	
			厚さ	mm	床	
					側壁	
				天井		
	遮へい窓	主要寸法	材料	—	鉛ガラス，アクリル	
			厚さ	mm	【鉛ガラス】	
					(密度：2.5g/cm ³ 以上)	
					(密度：3.2g/cm ³ 以上)	
				(密度：5.1g/cm ³ 以上)		
		【アクリル】				
				(密度：1.1g/cm ³ 以上)		
		基数	基	6		
ライニング		主要寸法	材料	—	SUS304	
			底面厚さ	mm		
取付箇所				—	サービスエリア	
備考				コンクリートセルには以下の設備が附属する。 ・天井ポート（セルNo. 1， 2， 4） ・シールドドア（セルNo. 1） ・背面遮へい扉（セルNo. 1～4） ・セル間遮へい扉（セルNo. 4）		

(2) コンクリートセル（給排気弁）

名称	仕様			許容範囲の設定根拠
コンクリートセル No. 1 給気弁	内径寸法/許容範囲	mm	269.5/269.5+1	JIS による寸法許容差
	材料	—	SUS304	
	基数	基	2	
コンクリートセル No. 2 給気弁	内径寸法/許容範囲	mm	269.5/269.5+1	JIS による寸法許容差
	材料	—	SUS304	
	基数	基	2	
コンクリートセル No. 3 給気弁	内径寸法/許容範囲	mm	269.5/269.5+1	JIS による寸法許容差
	材料	—	SUS304	
	基数	基	2	
コンクリートセル No. 4 給気弁	内径寸法/許容範囲	mm	409/409+1.5	JIS による寸法許容差
	材料	—	SUS304	
	基数	基	2	
コンクリートセル No. 1 排気弁	内径寸法/許容範囲	mm	■■■■■	■■■■■
	材料	—	■■■■■ ■■■■■	
	基数	基	2	
コンクリートセル No. 2 排気弁	内径寸法/許容範囲	mm	■■■■■	■■■■■
	材料	—	■■■■■ ■■■■■	
	基数	基	2	
コンクリートセル No. 3 排気弁	内径寸法/許容範囲	mm	■■■■■	■■■■■
	材料	—	■■■■■ ■■■■■	
	基数	基	2	
コンクリートセル No. 4 排気弁	内径寸法/許容範囲	mm	■■■■■	■■■■■
	材料	—	■■■■■ ■■■■■	
	基数	基	2	
備考	電源又は圧縮空気喪失時に閉動作とする。			

(3) 試料ピット

主要寸法	mm	■■■■■ ■■■■■ ■■■■■
■■■■■数	個	■
備考	—	中心間距離は平面縦横距離

(4) 鉄セル

インナー ボックス		主要寸法/ 許容範囲	主要材料	—	SUS304
			高さ	mm	1800 / 1800
			幅	mm	4760 / 4760
			奥行	mm	1700 / 1700
遮 へ い 体	躯体	主要寸法	材料	—	SS400
			厚さ	mm	160 以上
	遮へ い窓	主要寸法	材料	—	鉛ガラス
			厚さ	mm	310 以上（密度：5.1g/cm ³ 以上）
			基数	基	3
			基数		基
取付箇所			—	分析室	
許容範囲の設定根拠			—	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準	
備考			—	コンクリートセルNo.4と鉄セル，鉄セルとGB-No.1 はポートで接続	

(5) グローブボックス

名称			GB-No. 1	GB-No. 2	GB-No. 3	GB-No. 4
本体寸法/ 許容範囲	高さ	mm	1000 / 1000 ■■■■	1000 / 1000 ■■■■	1500 / 1500 ■■■■	1000 / 1000 ■■■■
	幅	mm	1000 / 1000 ■■■■	1000 / 1000 ■■■■	1300 / 1300 ■■■■	1000 / 1000 ■■■■
	奥行	mm	2000 / 2000 ■■■■	2000 / 2000 ■■■■	2000 / 2000 ■■■■	2000 / 2000 ■■■■
許容範囲の設定根拠			—	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準		
主要材料			—	SUS304		
基数			基	1	1	1
取付箇所			—	分析室		
備考			—	鉄セルとGB-No. 1はポートで接続		

(6) フード

吸引能力

面速 0.5 m/s 以上 (1/2 開口状態)

基数

4 基

取付箇所

分析室, $\alpha \cdot \gamma$ 測定室, 放射線測定室, 試薬調製室

2. 48. 2. 1. 2 換気空調設備

(1) セル・グローブボックス用排風機

セル・グローブボックス用排風機A, B				
排風機	主要寸法/ 許容範囲	種類	—	遠心式
		容量	m³/h/基	
		縦	mm	
		横	mm	
		高さ	mm	
		基数	基	2（うち1基予備）
	材料		—	
許容範囲の設定根拠				
原動機	種類		—	
	出力		kW	
	個数		基	2（うち1基予備）
取付箇所			—	換気空調設備室(1)

(2) フード用排風機

フード用排風機A, B				
排 風 機	主要寸法	種類	—	遠心式
		容量	m³/h/基	■■■■
		縦	mm	■■
		横	mm	■■■■
		高さ	mm	■■■■
		基数	基	2（うち1基予備）
		材料		—
原 動 機	種類		—	■■■■■■■■
	出力		kW	■■
	個数		基	2（うち1基予備）
取付箇所			—	換気空調設備室(1)

(3) 管理区域用排風機

管理区域用排風機A, B				
排風機	主要寸法	種類	—	遠心式
		容量	m³/h/基	■■■■
		縦	mm	■■■■
		横	mm	■■■■
		高さ	mm	■■■■
		基数	基	2（うち1基予備）
	材料		—	■■■■
原動機	種類		—	■■■■■■
	出力		kW	■■■■
	個数		基	■■■■■■■■
取付箇所			—	■■■■■■■■■■

(4) 管理区域用送風機

管理区域用送風機A, B				
送風機	主要寸法	種類	—	遠心式
		容量	m³/h/基	■■■■
		縦	mm	■■■■
		横	mm	■■■■
		高さ	mm	■■■■
		基数	基	2（うち1基予備）
	材料		—	■■■■■
原動機	種類		—	■■■■■■
	出力		kW	■■■■
	個数		基	2（うち1基予備）
取付箇所			—	換気空調設備室（3）

(5) セル・グローブボックス用排気フィルタユニット

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B				
種類			—	高性能フィルタ 2 段 (JIS Z 4812)
フィルタ			個	1
捕集効率	単体		%	99.99
	総合		%	99.99
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	150
		幅	mm	250
		奥行	mm	150
		厚さ	mm	25
許容範囲の設定根拠			—	ISO 14644-1
材料	ケーシング		—	ステンレス鋼
容量			m³/h/基	100
基数			基	2 (うち 1 基予備)
取付箇所			—	換気空調設備室 (1) 常設

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D				
種類			高性能フィルタ 1 段 (JIS Z 4812)	
フィルタ			個	1
捕集効率	単体		%	99.99
	総合		%	99.99
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	150
		幅	mm	150
		奥行	mm	150
		厚さ	mm	10
許容範囲の設定根拠			—	—
材料	ケーシング		—	—
容量			m³/h/基	100
基数			基	2 (うち 1 基予備)
取付箇所			—	換気空調設備室 (1) 常設

(8) コンクリートセル用給気フィルタユニット

名称				コンクリートセル用給気フィルタユニット A	
種類				高性能フィルタ 1 段（JIS Z 4812）	
フィルタ			個	3	
捕集効率	単体			%	99.97 以上（0.15 μm 粒子に対して）
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	1670 / 1670±5	
		幅	mm	2550 / 2550±5	
		奥行	mm	700 / 700±5	
		厚さ	mm	4.0	
許容範囲の設定根拠			－	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準	
材料	ケーシング			－	SUS304
容量			m³/h/基	1500	
基数			基	1	
取付箇所			－	サービスエリア(2) 常設	

名称			コンクリートセル用給気フィルタユニット B	
種類			高性能フィルタ 1 段（JIS Z 4812）	
フィルタ		個	2	
捕集効率	単体		%	99.97 以上（0.15 μm 粒子に対して）
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	1941 / 1941±5
		幅	mm	1300 / 1300±5
		奥行	mm	700 / 700±5
		厚さ	mm	4.0
許容範囲の設定根拠			－	製造能力, 製造実績を考慮したメーカー基準
材料	ケーシング		－	SUS304
容量			m³/h/基	1630
基数			基	1
取付箇所			－	サービスエリア (2) 常設

(9) 鉄セル用給気フィルタユニット

名称				鉄セル用給気フィルタユニット A, B	
種類				高性能フィルタ 1 段（JIS Z 4812）	
フィルタ			個	1	
捕集効率	単体			%	99.97 以上（0.15 μm 粒子に対して）
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	510 / 510	
		幅	mm	370 / 370	
		奥行	mm	300 / 300	
		厚さ	mm	3.0	
許容範囲の設定根拠			—	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準	
材料	ケーシング			—	SUS304
容量			m³/h/基	100	
基数			基	2（うち 1 基予備）	
取付箇所			—	分析室 常設	

名称				鉄セル用給気フィルタユニット C, D	
種類				高性能フィルタ 1 段 (JIS Z 4812)	
フィルタ			個	1	
捕集効率	単体		%	99.97 以上 (0.15 μm 粒子に対して)	
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	410 / 410	
		幅	mm	230 / 230	
		奥行	mm	300 / 300	
		厚さ	mm	3.0	
許容範囲の設定根拠			—	製造能力, 製造実績を考慮したメーカー基準	
材料	ケーシング		—	SUS304	
容量			m³/h/基	46	
基数			基	2 (うち 1 基予備)	
取付箇所			—	分析室 常設	

(10) グローブボックス用給気フィルタユニット

名称				グローブボックス用給気フィルタユニット A～F	
種類				高性能フィルタ 1 段（JIS Z 4812）	
フィルタ			個	1	
捕集効率	単体			%	99.97 以上（0.15 μm 粒子に対して）
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	410 / 410	
		幅	mm	230 / 230	
		奥行	mm	300 / 300	
		厚さ	mm	3.0	
許容範囲の設定根拠			—	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準	
材料	ケーシング		—	SUS304	
容量			m³/h/基	20	
基数			基	6*	
取付箇所			—	分析室 常設	

* : グローブボックスNo.-1・2・4 に各 2 基設置 (うち 1 基予備)

名称				グローブボックス用給気フィルタユニット G, H	
種類				高性能フィルタ 1 段（JIS Z 4812）	
フィルタ			個	1	
捕集効率	単体		%	99.97 以上（0.15 μm 粒子に対して）	
主要寸法/ 許容範囲	フィルタ ユニット	高さ	mm	410 / 410	
		幅	mm	230 / 230	
		奥行	mm	300 / 300	
		厚さ	mm	3.0	
許容範囲の設定根拠			—	製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準	
材料	ケーシング		—	SUS304	
容量			m³/h/基	39	
基数			基	2（うち 1 基予備）	
取付箇所			—	分析室 常設	

(11) 主要排気管*1

名称			仕様
コンクリートセル 排気口から排気母 管まで	外径/厚さ (許容範囲)	mm	
	材料	—	
	最高使用圧力	kPa	6.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		
鉄セル排気口から 排気母管まで	外径/厚さ (許容範囲)	mm	89.1/4.0 (89.1±1% / 4.0±12.5%) 114.3/4.0 (114.3±1% / 4.0±12.5%) 89.1/3.0 (89.1±1% / 3.0±0.5) 114.3/3.0 (114.3±1% / 3.0±0.5)
	材料	—	SUS304TP
	最高使用圧力	kPa	1.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JISによる材料公差
グローブボックス 排気口から排気母 管まで	外径/厚さ (許容範囲)	mm	89.1/4.0 (89.1±1% / 4.0±12.5%) 114.3/4.0 (114.3±1% / 4.0±12.5%) 89.1/3.0 (89.1±1% / 3.0±0.5) 114.3/3.0 (114.3±1% / 3.0±0.5)
	材料	—	SUS304TP
	最高使用圧力	kPa	1.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JISによる材料公差
排気母管	外径/厚さ (許容範囲)	mm	
	材料	—	*2
	最高使用圧力	kPa	6.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		

名称			仕様
排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット入口まで	外径/厚さ (許容範囲)	mm	
	材料	—	
	最高使用圧力	kPa	6.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット出口からセル・グローブボックス用排風機入口まで	寸法/厚さ (許容範囲)	mm	
	材料	—	
	最高使用圧力	kPa	4.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		

*1：コンクリートセル，鉄セル及びグローブボックスの排気口からセル・グローブボックス用排風機入口まで

*2：

(12) 主要給気管*1

名称			仕様
コンクリートセル用給気フィルタユニットからコンクリートセル給気口まで	外径/厚さ (許容範囲)	mm	267.4/4.0 (267.4±1% / 4.0±12.5%) 318.5/4.5 (318.5±1% / 4.5±12.5%) 406.4/5.0 (406.4±0.5% / 5.0+15%, -12.5%)
	材料	—	SUS304TP, SUS304TPY*2
	最高使用圧力	kPa	0.5*3 1.0*4
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JISによる材料公差
鉄セル用給気フィルタユニットから鉄セル給気口まで	外径/厚さ (許容範囲)	mm	89.1/4.0 (89.1±1% / 4.0±12.5%) 114.3/4.0 (114.3±1% / 4.0±12.5%)
	材料	—	SUS304TP
	最高使用圧力	kPa	1.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JISによる材料公差
グローブボックス用給気フィルタユニットからグローブボックス給気口まで	外径/厚さ (許容範囲)	mm	60.5/3.5 (60.5±1% / 3.5±0.5) 89.1/4.0 (89.1±1% / 4.0±12.5%)
	材料	—	SUS304TP
	最高使用圧力	kPa	1.0
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JISによる材料公差

*1: コンクリートセル, 鉄セル及びグローブボックスの各給気フィルタユニットからコンクリートセル, 鉄セル及びグローブボックスの各給気口まで

*2: 250A/300A: SUS304TP, 400A: SUS304TPY

*3: コンクリートセル用給気フィルタユニットからコンクリートセル給気弁まで

*4: コンクリートセル給気弁からコンクリートセル給気口まで

2. 48. 2. 1. 3 固体廃棄物払出準備設備

(1) 固体廃棄物払出準備室

部屋数 1 部屋

廃棄物容量 17m³ (払出前収納容器*¹17 個相当)

*1：表面線量率 0. 1mSv/h 未満とする。

廃棄物の配置 廃棄物は壁から 200mm 以上離れた位置に配置することとし，部屋の北側及び東側に配置する条件は以下のとおりとする。

北側：東西方向 3500mm 以内，南北方向 1100mm 以内，高さ 3000mm 以内
(9m³(払出前収納容器 9 個相当))

東側：東西方向 1100mm 以内，南北方向*²9500mm 以内，高さ 1000mm 以内
(8m³(払出前収納容器 8 個相当))

*2：北側の壁から 4500mm 以上離れた配置とする。

2. 48. 2. 1. 4 液体廃棄物一時貯留設備

(1) 分析廃液受槽

名称		分析廃液受槽 A, B
最高使用圧力	MPa	静水頭
最高使用温度	℃	60
主要寸法/ 許容範囲	高さ(外寸)	mm 2330 / 2330 ■
	胴径(内寸)	mm 1500 / 1500 ■
	厚さ	mm 6 / 6±1. 4
許容範囲の設定根拠	—	高さ・胴径：製造能力，製造実績を考慮したメーカー基準 厚さ：JIS による材料公差
材料	—	SUS316L
容量	m ³	3
基数	基	2
取付箇所	—	液体廃棄物一時貯留室

(2) 分析廃液移送ポンプ

名称			分析廃液移送ポンプ	
ポンプ	種類		遠心式	
	全揚程（払出時）		m	16
	最高使用圧力		MPa	0.4
	最高使用温度		℃	60
	主 要 寸 法	吸込口径	mm	42.6
		吐出口径	mm	28
		縦	mm	190
		横	mm	220
		高さ	mm	360
	材料（ケーシング）		—	SCS16
容量		m ³ /h	3	
基数		基	1	
原動機	種類		誘導電動機	
	出力		kW	0.75
	基数		基	1
取付箇所			—	液体廃棄物一時貯留室

(3) 分析廃液回収ポンプ

名称			分析廃液回収ポンプ	
ポンプ	種類		遠心式	
	全揚程（払出時）		m	17
	最高使用圧力		MPa	0.4
	最高使用温度		℃	60
	主要寸法	吸込口径	mm	42.6
		吐出口径	mm	28
		縦	mm	250
		横	mm	350
		高さ	mm	530
	材料（ケーシング）		—	SCS16
容量		m ³ /h	3	
基数		基	1	
原動機	種類		誘導電動機	
	出力		kW	1.1
	基数		基	1
取付箇所			—	液体廃棄物一時貯留室

(4) 塩酸含有廃液保管ラック

名称			塩酸含有廃液保管ラック
保管容量		m ³	0.07
主要寸法/ 許容範囲	縦	mm	1450 / 1450 ■
	横	mm	350 / 350 ■
	高さ	mm	150 / 150 ■
	厚さ	mm	3 / 3±0.4
許容範囲の設定根拠		—	縦, 横, 高さ:製造能力, 製造実績を考慮したメーカー基準 厚さ:JIS による材料公差
基数		基	1
取付箇所		—	液体廃棄物一時貯留室

(5) 有機廃液保管ラック

名称			有機廃液保管ラック
保管容量		m ³	0.03
主要寸法/ 許容範囲	縦	mm	700 / 700 ■
	横	mm	350 / 350 ■
	高さ	mm	150 / 150 ■
	厚さ	mm	3 / 3±0.4
許容範囲の設定根拠		—	縦, 横, 高さ:製造能力, 製造実績を考慮したメーカー基準 厚さ:JIS による材料公差
基数		基	1
取付箇所		—	液体廃棄物一時貯留室

(6) 設備管理廃液受槽

名称			設備管理廃液受槽 A, B
最高使用圧力		MPa	静水頭
最高使用温度		℃	60
主要寸法/ 許容範囲	高さ (外寸)	mm	2960 / 2960 ■
	胴径 (内寸)	mm	2000 / 2000 ■
	厚さ	mm	6 / 6±1.4
許容範囲の設定根拠		—	高さ・胴径:製造能力, 製造実績を考慮したメーカー基準 厚さ: JIS による材料公差
材料		—	SUS304
容量		m ³	7
基数		基	2
取付箇所		—	液体廃棄物一時貯留室

(7) 設備管理廃液移送ポンプ

名称			設備管理廃液移送ポンプ	
ポンプ	種類		遠心式	
	全揚程（払出時）	m	21	
	最高使用圧力	MPa	0.5	
	最高使用温度	℃	60	
	主要寸法	吸込口径	mm	42.6
		吐出口径	mm	28
		縦	mm	250
		横	mm	420
		高さ	mm	435
	材料（ケーシング）		—	SCS13
	容量	m ³ /h	7	
	基数	基	1	
原動機	種類		誘導電動機	
	出力	kW	1.5	
	基数	基	1	
取付箇所		—	液体廃棄物一時貯留室	

(8) 設備管理廃液回収ポンプ

名称			設備管理廃液回収ポンプ	
ポンプ	種類		遠心式	
	全揚程（払出時）	m	16	
	最高使用圧力	MPa	0.4	
	最高使用温度	℃	60	
	主要寸法	吸込口径	mm	42.6
		吐出口径	mm	28
		縦	mm	250
		横	mm	350
		高さ	mm	530
	材料（ケーシング）		—	SCS13
	容量	m ³ /h	3	
	基数	基	1	
原動機	種類		誘導電動機	
	出力	kW	1.1	
	基数	基	1	
取付箇所		—	液体廃棄物一時貯留室	

(9) 主要配管

名称	仕様		
分析廃液受槽出口から第 1 弁まで（鋼管）	外径/厚さ（許容範囲）	mm	48.6/3.0 (48.6±0.5 / 3.0±0.5)
	材料	—	SUS316LTP
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JIS による材料公差
第 1 弁から分析廃液移送ポンプ又は回収ポンプ入口まで（鋼管）	外径/厚さ（許容範囲）	mm	48.6/3.0 (48.6±0.5 / 3.0±0.5)
	材料	—	SUS316LTP
	最高使用圧力	MPa	0.4
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JIS による材料公差
分析廃液移送ポンプ又は回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで（鋼管）	外径/厚さ（許容範囲）	mm	34.0/3.0 (34.0±0.5 / 3.0±0.5) 48.6/3.0 (48.6±0.5 / 3.0±0.5) 60.5/3.5 (60.5±1 % / 3.5±0.5)
	材料	—	SUS316LTP
	最高使用圧力	MPa	0.4
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JIS による材料公差
設備管理廃液受槽出口から第 1 弁まで（鋼管）	外径/厚さ（許容範囲）	mm	60.5/3.5 (60.5±1 % / 3.5±0.5)
	材料	—	SUS304TP
	最高使用圧力	MPa	静水頭
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JIS による材料公差
第 1 弁から設備管理廃液移送ポンプ又は回収ポンプ入口まで（鋼管）	外径/厚さ（許容範囲）	mm	48.6/3.0 (48.6±0.5 / 3.0±0.5) 60.5/3.5 (60.5±1 % / 3.5±0.5)
	材料	—	SUS304TP
	最高使用圧力	MPa	0.5
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JIS による材料公差

名称	仕様		
設備管理廃液移送ポンプ又は回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで（鋼管）	外径/厚さ（許容範囲）	mm	34.0/3.0（34.0±0.5 / 3.0±0.5） 48.6/3.0（48.6±0.5 / 3.0±0.5） 60.5/3.5（60.5±1 % / 3.5±0.5）
	材料	—	SUS304TP
	最高使用圧力	MPa	0.5
	最高使用温度	℃	60
	許容範囲の設定根拠		JIS による材料公差

(10) 漏えいの拡大を防止するための堰

名称		液体廃棄物一時貯留室 漏えい防止堰
主要寸法/ 許容範囲	堰高さ	(1) 分析廃液受槽側：400 mm 以上 (2) 設備管理廃液受槽側：600 mm 以上
	堰容積 (想定する最大の漏えい量)	(1) 分析廃液受槽側：6.1m ³ 以上 (2) 設備管理廃液受槽側：14m ³ 以上
	床・壁の塗装	床面及び床面から堰高さ以上までの壁面
材料	堰	鉄筋コンクリート
	床・壁の塗装	エポキシ樹脂

(11) 漏えい検出装置及び警報装置

名称	漏えい検出装置	警報装置
検出器の種類	電極式	—
取付箇所	液体廃棄物一時貯留室	液体廃棄物一時貯留設備電気品室

2. 48. 2. 1. 5 放射線管理設備

(1) モニタリング設備

名称	検出器の種類	測定範囲	取付箇所
排気口 α/β 線 ダストモニタ	シンチレーション	$10^{-1} \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$	換気空調設備室 (1) 合計 2 チャンネル (監視・記録は放射線監視室)
排気口ガスモニタ	シンチレーション	$10^{-1} \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$	換気空調設備室 (1) 合計 2 チャンネル (監視・記録は放射線監視室)

(2) エリアモニタ等

名称	検出器の種類	測定範囲	取付箇所
γ 線エリアモニタ	半導体検出器	$10^{-1} \sim 10^4 \text{ } \mu\text{Sv/h}$	換気空調設備室 (1), 液体廃棄物 一時貯留室, 固体廃棄物払出準備 室, 分析室, オペレーションエ リア, サービスエリア (1), サー ビスエリア (2)
中性子線エリアモニタ	^3He 計数管検出器	$10^{-2} \sim 10^3 \text{ } \mu\text{Sv/h}$	オペレーションエリア, サービ スエリア (1)
室内 α/β 線ダストモニタ	シンチレーション	$10^{-1} \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$	固体廃棄物払出準備室, 分析室, サービスエリア (1)
室内 β 線ダストモニタ	半導体検出器	$10^{-1} \sim 10^4 \text{ s}^{-1}$	液体廃棄物一時貯留室

2. 48. 2. 1. 6 非常用電源設備

(1) ディーゼル発電機

容量	1000 kVA/基
電圧	6.6 kV
基数	1 基

2. 48. 2. 1. 7 天井クレーン

(1) 天井クレーン

型式	天井クレーン
基数	1 基
定格荷重	20t

2. 48. 2. 1. 8 遮へい

(1) 遮へい

種類		遮へい厚 (mm)	冷却方法	材料
線源部屋	隣接部屋			
固体廃棄物 払出準備室	北壁 (地下1階) 換気空調設備室 (2)	595	自然冷却	普通コンクリート (密度2.1g/cm ³ 以上)
	西壁 (地下1階) 換気空調設備室 (1)	995		
	西壁 (地下1階) 測定機器室	1295		
	西壁 (地下1階) MSM保守/保管室	995		
	天井 (1階) ローディングドック	495		
液体廃棄物 一時貯留室	天井 (1階) オペレーションエリア	495		
測定機器室	北壁 (地下1階) 換気空調設備室 (1)	995		
	東壁 (地下1階) 固体廃棄物払出準備室	1295		
	南壁 (地下1階) MSM保守/保管室	995		
	西壁 (地下1階) 液体廃棄物一時貯留設備 電気品室	995		
	天井 (1階) 換気空調設備室 (1)	845		
測定機器室 (中間階高さ)	北壁 (地下1階) 換気空調設備室 (1)	995		
	東壁 (地下1階) 固体廃棄物払出準備室	1295		
	南壁 (地下1階) MSM保守/保管室	995		
	西壁 (地下1階) 換気空調設備室 (1)	895		

種類		遮へい厚 (mm)	冷却方法	材料
線源部屋	隣接部屋			
コンクリートセル No. 1	北壁 (1階) サービスエリア (1)	■	自然冷却	普通コンクリート (密度2.1g/cm ³ 以上)
	東壁 (1階) ローディングドック	■		
	南壁 (1階) オペレーションエリア	■		
	天井 (2階) サービスエリア (2)	■		
	床 (地下1階中間階) 測定機器室	■		
コンクリートセル No. 2	北壁 (1階) サービスエリア (1)	■		
	南壁 (1階) オペレーションエリア	■		
	天井 (2階) サービスエリア (2)	■		
	床 (地下1階中間階) 換気空調設備室 (1)	■		
コンクリートセル No. 3	北壁 (1階) サービスエリア (1)	■		
	南壁 (1階) オペレーションエリア	■		
	天井 (2階) サービスエリア (2)	■		
	床 (地下1階中間階) 換気空調設備室 (1)	■		
コンクリートセル No. 4	北壁 (1階) サービスエリア (1)	■		
	南壁 (1階) オペレーションエリア	■		
	西壁 (1階) 分析室	■		
	天井 (2階) サービスエリア (2)	■		
	床 (地下1階中間階) 換気空調設備室 (1)	■		
分析室	鉄セル床 (地下1階) 換気空調設備室 (1)	495		
α・γ測定室	東壁 (1階) 電気設備室 (1)	245		

(2) 補助遮へい

種類		遮へい厚 (mm)	冷却方法	材料
地下1階	建屋外壁（北，東，南，西側）	■	自然冷却	普通コンクリート (密度 2.1g/cm ³ 以上)
	階段外壁（東，南，西側）	■		
1 階	建屋外壁（北，東，南，西側）	■		
	階段前室外壁（東，南，西側）	■		
	階段外壁（東，西側）	■		
	階段外壁（南側）	■		
	分析室前室（北，南，西側）	■		
2 階	建屋外壁（北，南側）	■		
	建屋外壁（東，西側）	■		
	建屋外壁 （サービスエリア北，東，南，西側）	■		
	建屋外壁（屋上(西)の北側）	■		
	階段前室（東側）	■		
	階段前室（南，西側）	■		
	階段外壁（南側）	■		
	階段外壁（西側）	■		
	屋上床（北，南側）	■		
	屋上床（西側の一部）	■		
	屋上床（サービスエリア上部）	■		

2.48.3 添付資料

添付資料－1 第2棟の設置について

添付資料－2 第2棟の図面等

別添 2－1 全体概要図

別添 2－2 機器配置図

別添 2－3 機器構造図

別添 2－4 燃料デブリ等フロー図

別添 2－5 放射性廃棄物フロー図

別添 2－6 換気空調設備概略系統図

別添 2－7 液体廃棄物一時貯留設備概略系統図

別添 2－8 主要分析機器一覧表

別添 2－9 放射線を監視する設備の配置図

添付資料－3 第2棟の具体的な安全確保策等

別添 3－1 セル等の放射性物質の閉じ込めについて

別添 3－2 施設外への漏えい防止能力について

別添 3－3 液体廃棄物一時貯留設備及び換気空調設備における適切な材料の使用について

別添 3－4 液体廃棄物一時貯留設備に関する警報について

別添 3－5 遮へいについて

別添 3－6 臨界防止について

別添 3－7 取り扱う燃料デブリ等，標準試料の量について

別添 3－8 火災防護に関する説明書及び消火設備の取付箇所について

別添 3－9 安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路について

別添 3－10 非常用照明に関する説明書及び取付箇所について

添付資料－4 第2棟の構造強度及び耐震性について

別添 4－1 耐震クラスの設定について

別添 4－2 建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果

別添 4－3 設備の構造強度に関する検討結果

別添 4－4 設備の耐震性に関する検討結果

別添 4－5 建屋及び設備に対する波及的影響

添付資料－5 第2棟に係る確認事項

第 2 棟の設置について

1. 工事概要

発電所で発生する燃料デブリ等の性状を把握することにより，その安全な取り出し等の作業の推進に資する情報を取得するための分析・試験を行うことを目的とし，第2棟を建設する。

2. 工程

年	令和 4 年												令和 5 年											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工事・建設工事																								
運用																								

年	令和 6 年												令和 7 年											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工事・建設工事																								
運用																								

年	令和 8 年												令和 9 年											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工事・建設工事																								
運用																								

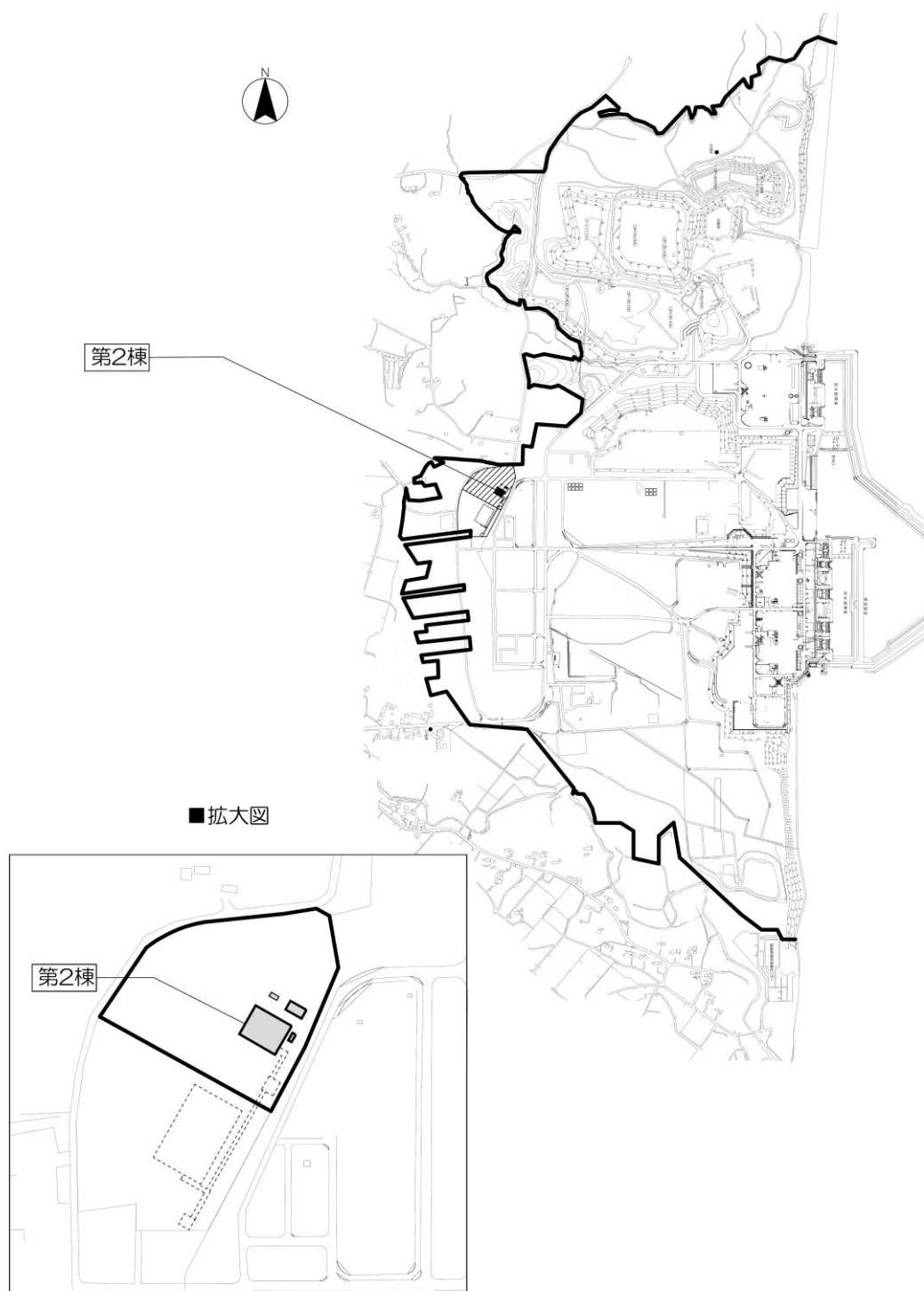
年	令和10年												令和11年											
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
準備工事・建設工事																								
運用																								

第2棟の図面等

- 別添 2－1 全体概要図
- 別添 2－2 機器配置図
- 別添 2－3 機器構造図
- 別添 2－4 燃料デブリ等フロー図
- 別添 2－5 放射性廃棄物フロー図
- 別添 2－6 換気空調設備概略系統図
- 別添 2－7 液体廃棄物一時貯留設備概略系統図
- 別添 2－8 主要分析機器一覧表
- 別添 2－9 放射線を監視する設備の配置図

全体概要図

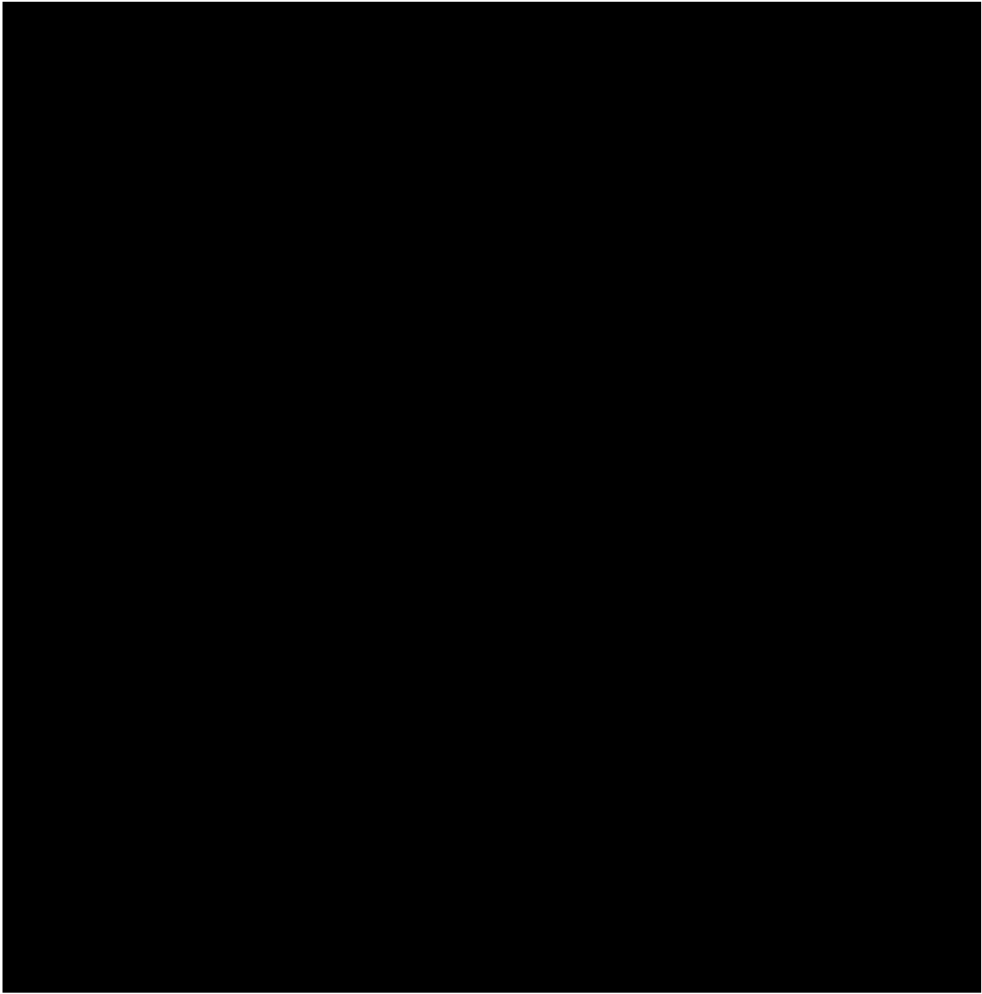
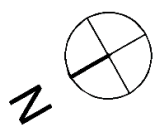
第 2 棟の全体概要図を以下に示す。



第2棟の全体概要図

機器配置図

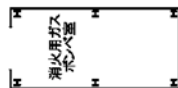
第 2 棟の機器配置図を以下に示す。



第 2 棟の機器配置図 地下 1 階

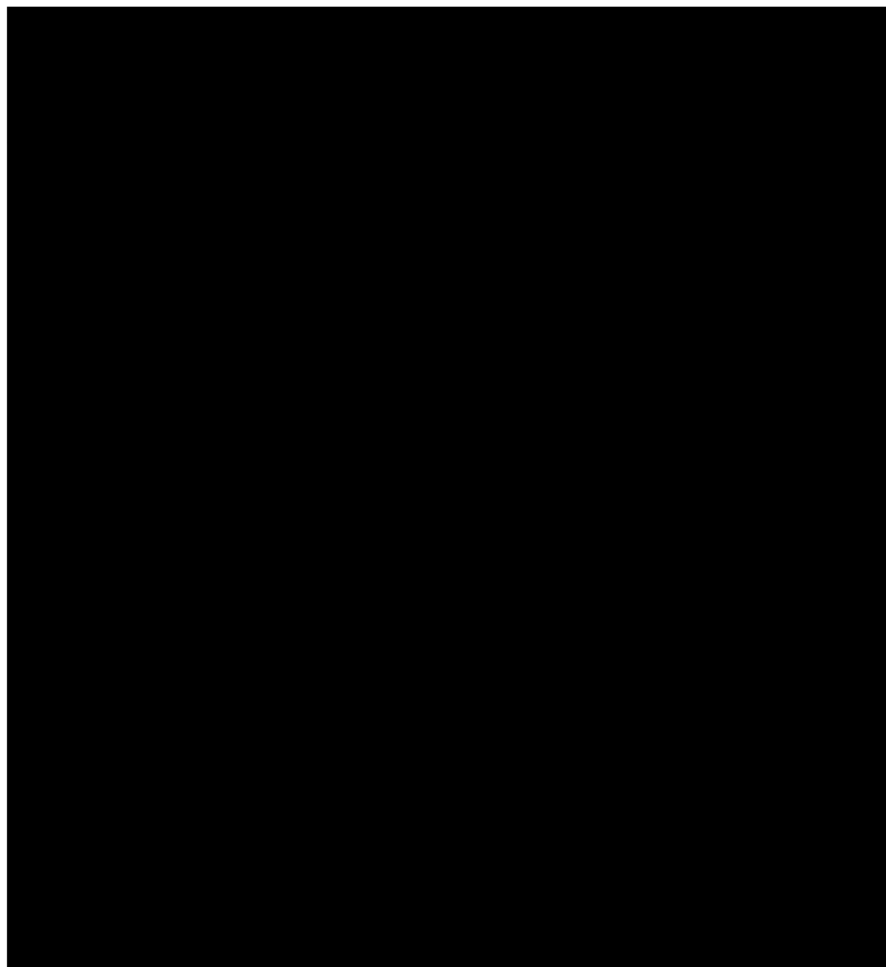


非常用電源設備

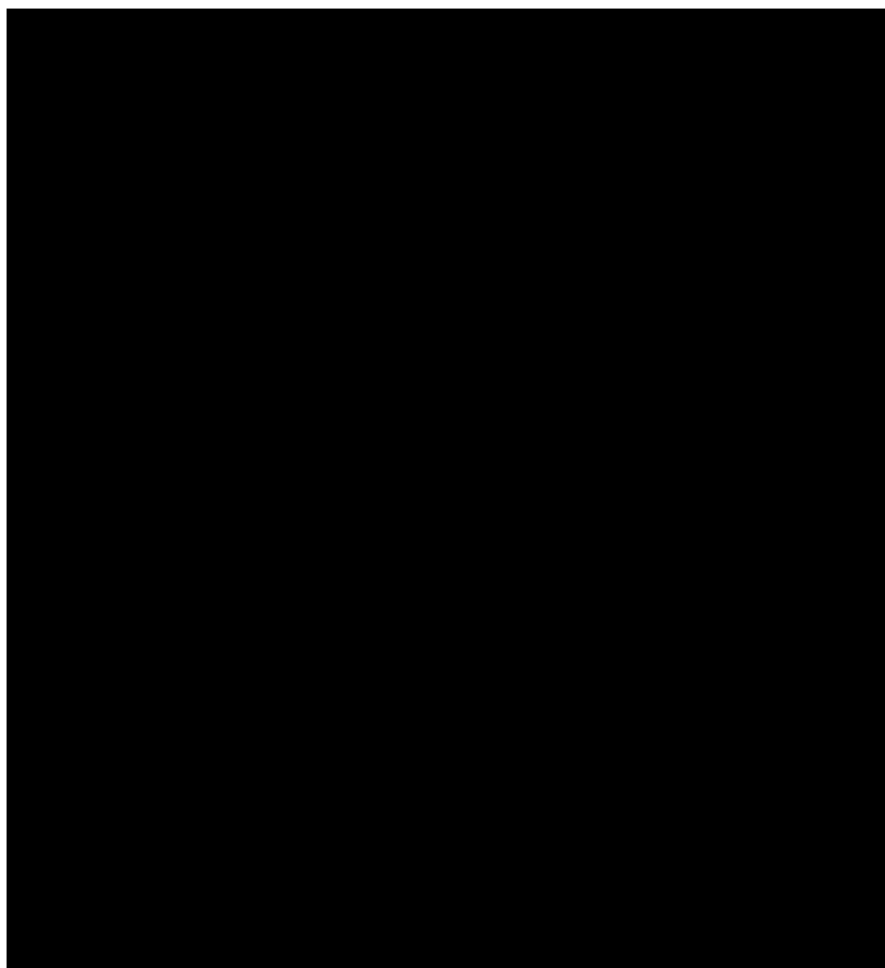


鉄セル用給気フィルタユニット及びブロー
ーブボックス用給気フィルタユニット
は、それぞれ鉄セル及びブローブロッ
スの上部に設置する。

第2棟の機器配置図 1階



第2棟の機器配置図 2階



第2棟の機器配置図 屋上階

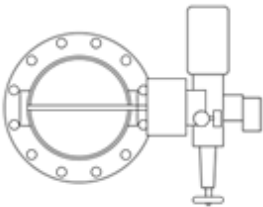
機器構造図

第 2 棟に関する機器構造図を以下に示す。

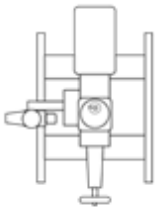
コンクリートセル

コンクリートセル給排気弁

【平面図】



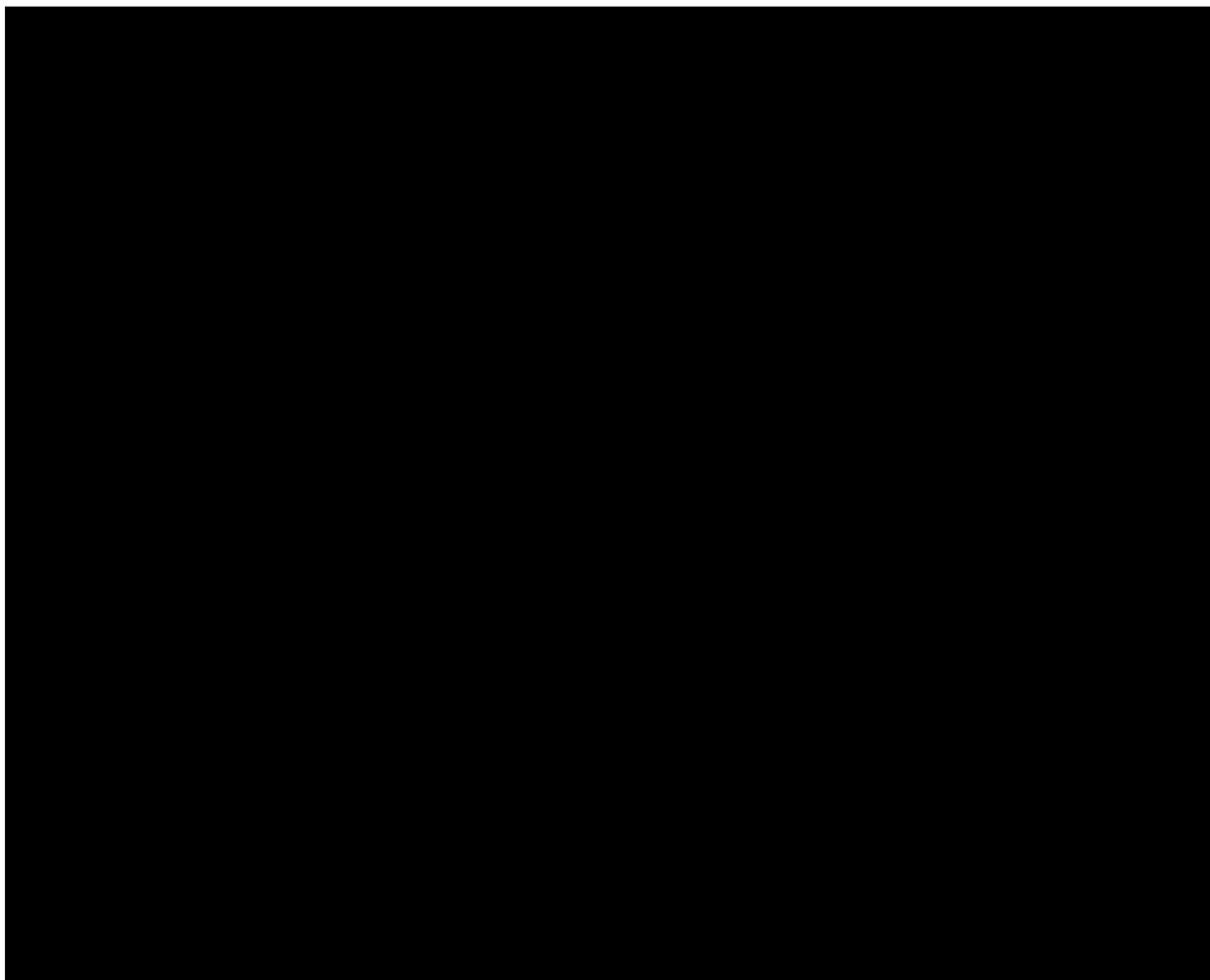
【正面図】



No.	品名	材料	寸法
①	コンクリートセルNo.1 給気弁	SUS304	250A
②	コンクリートセルNo.2 給気弁	SUS304	250A
③	コンクリートセルNo.3 給気弁	SUS304	250A
④	コンクリートセルNo.4 給気弁	SUS304	400A
⑤	コンクリートセルNo.1 排気弁	弁棒、 応蓋： SUS304 弁体、 弁箱： SCS13A	150A
⑥	コンクリートセルNo.2 排気弁	弁棒、 応蓋： SUS304 弁体、 弁箱： SCS13A	125A
⑦	コンクリートセルNo.3 排気弁	弁棒、 応蓋： SUS304 弁体、 弁箱： SCS13A	150A
⑧	コンクリートセルNo.4 排気弁	弁棒、 応蓋： SUS304 弁体、 弁箱： SCS13A	250A

試料ピット

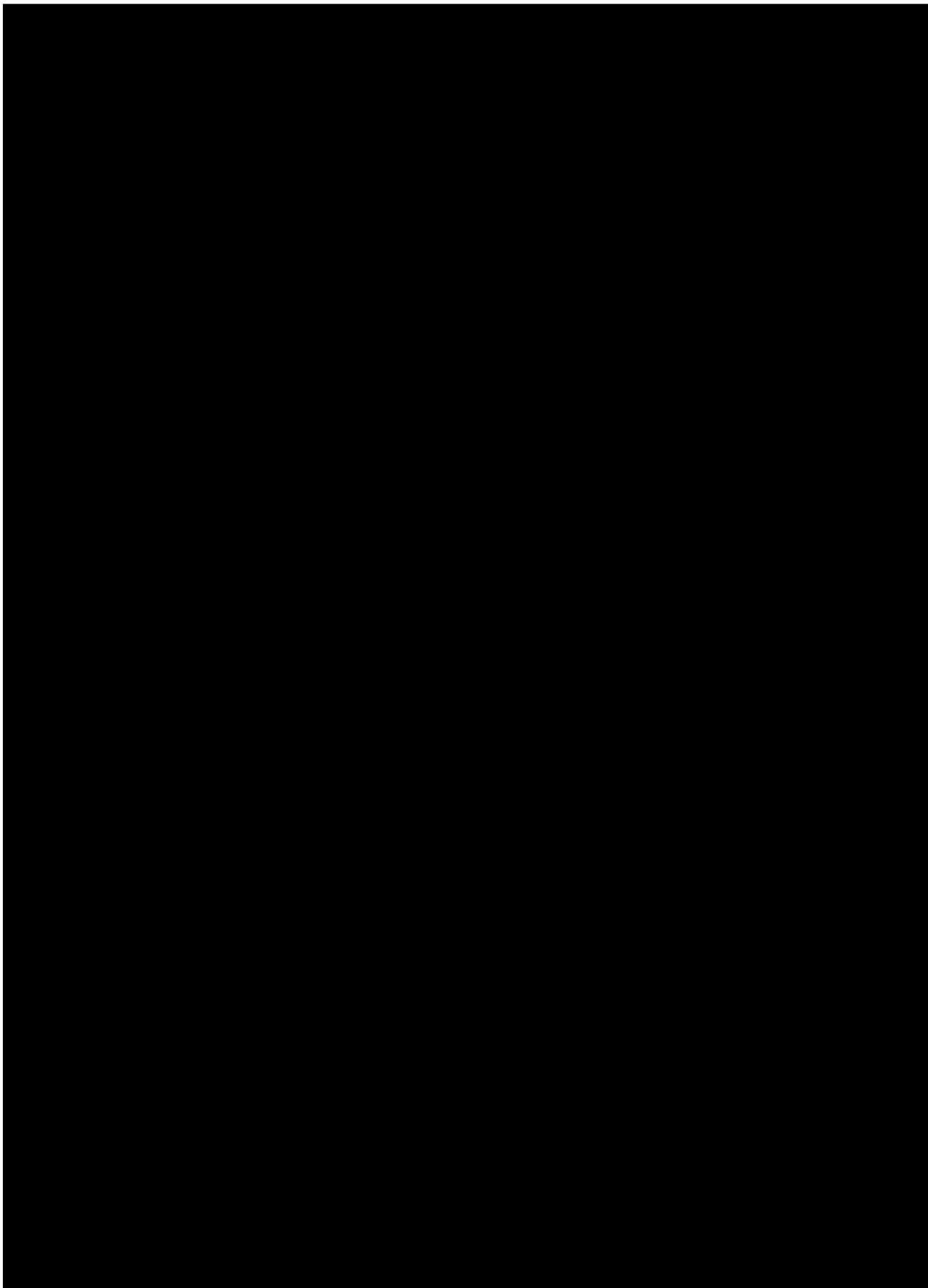
セル間遮へい扉



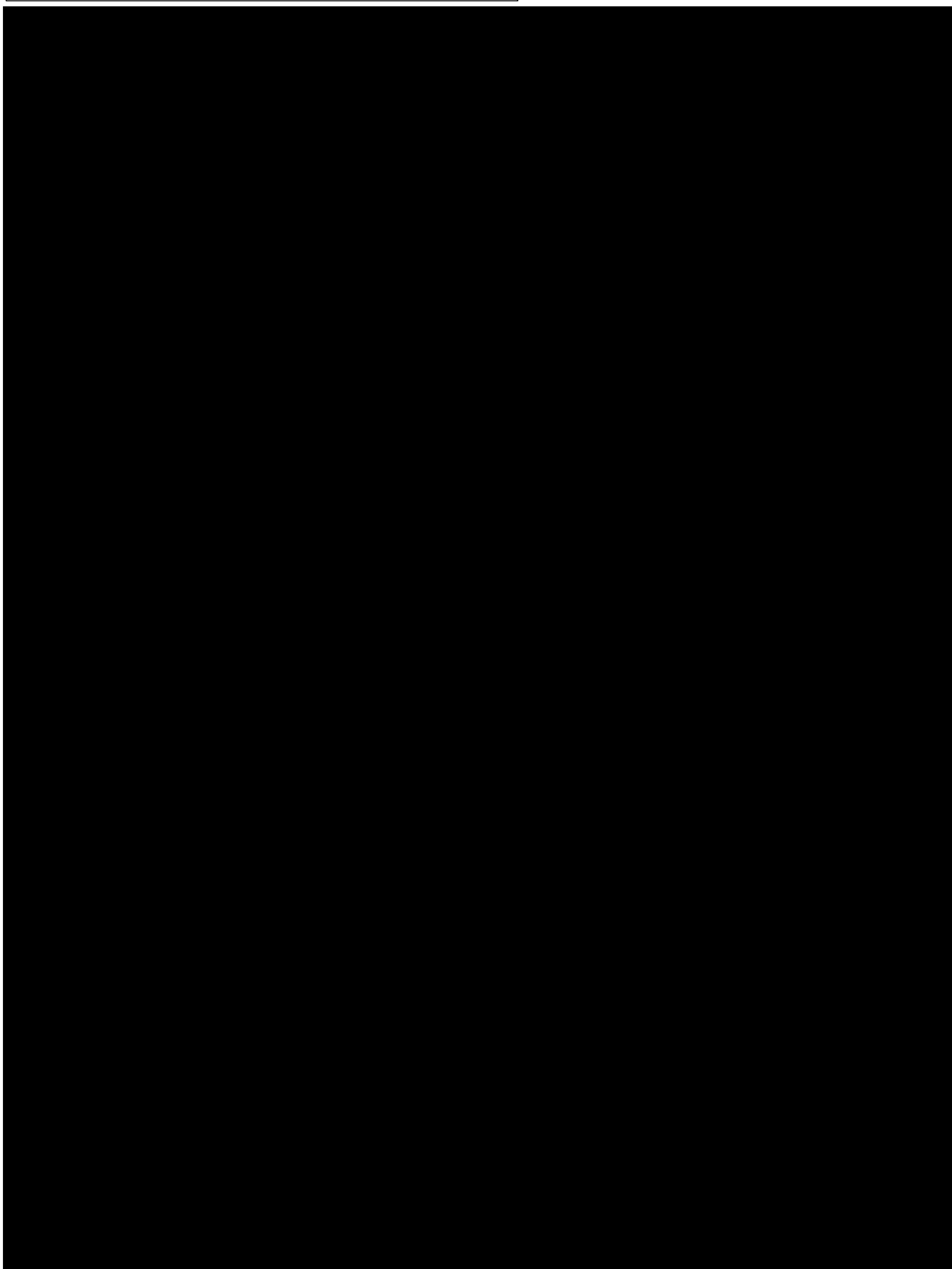
シールドドア



天井ポート

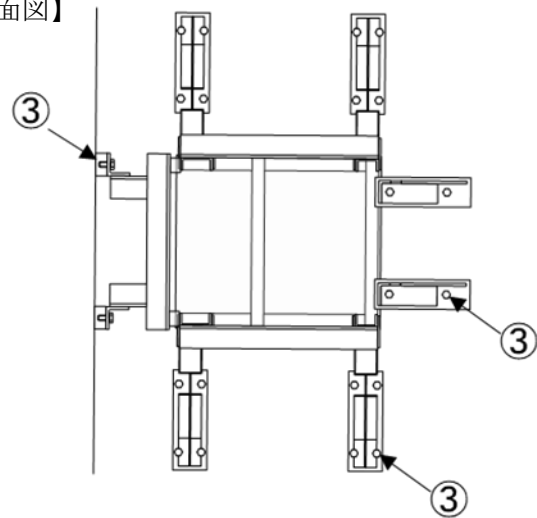


輸送容器接続時の基礎ボルト
(トップロードイングキャスク接続時)

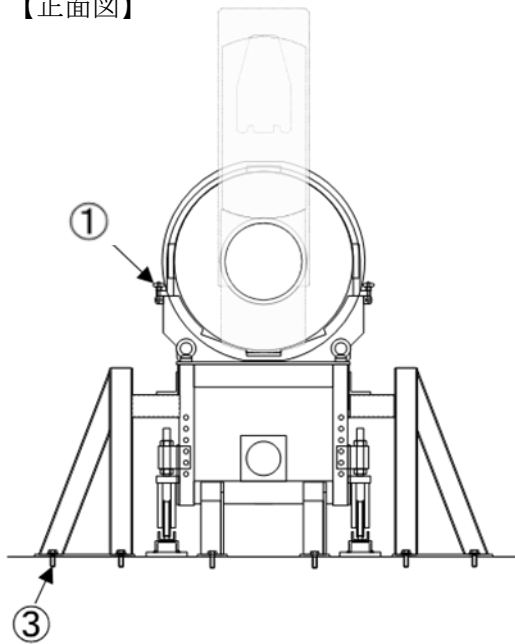


輸送容器接続時の基礎ボルト
(サイドローディングキャスク接続時)

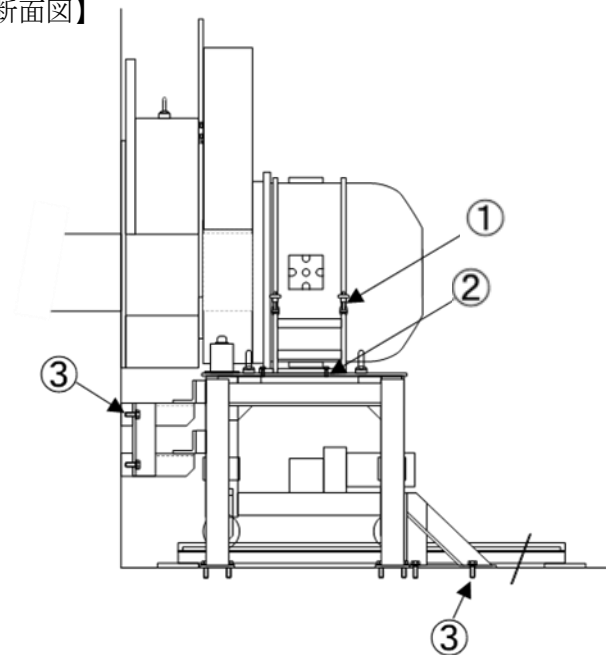
【平面図】



【正面図】

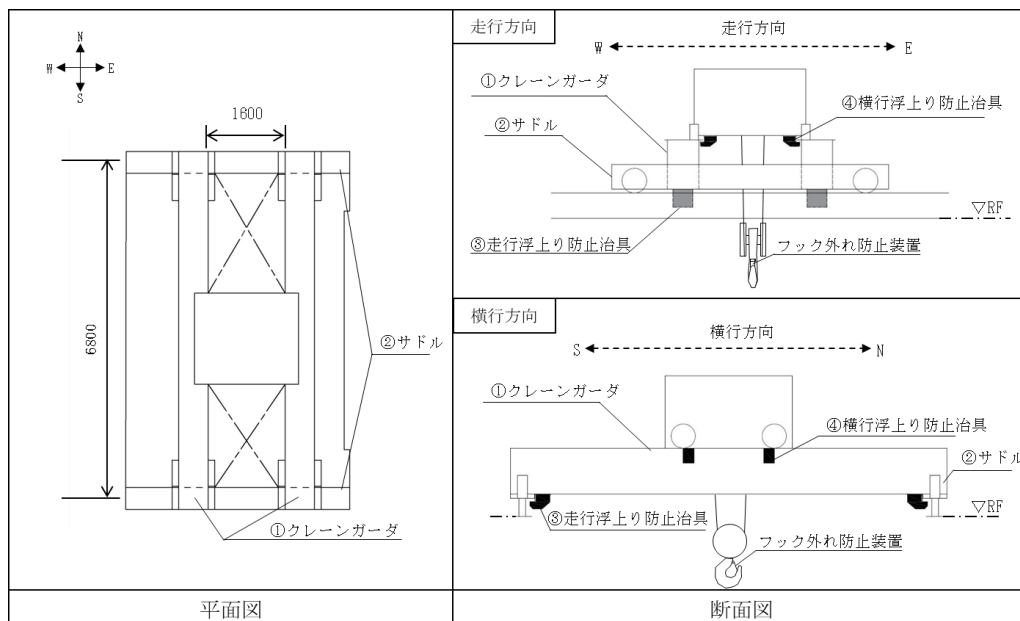


【断面図】

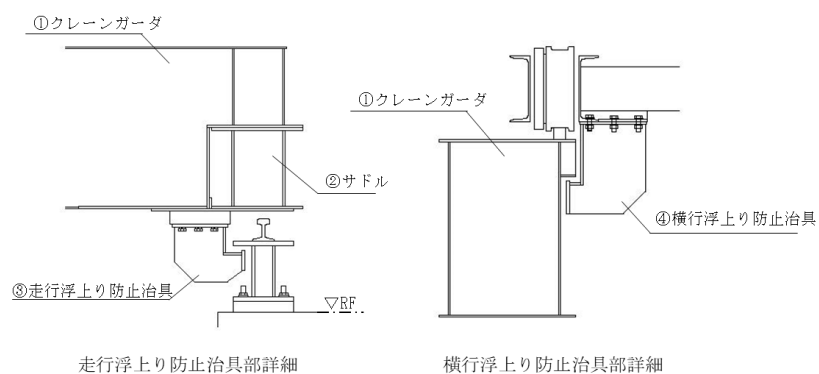


No.	品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数(本)
①	キャスク固定ボルト	SCM435	M12	-0.034～ -0.299	JISによる 寸法許容 差	4
②	台座固定ボルト	SCM435	M16	-0.038～ -0.318	JISによる 寸法許容 差	4
③	基礎ボルト	SS400	M20	-0.042～ -0.377	JISによる 寸法許容 差	24

天井クレーン



天井クレーン外形図(単位:mm)

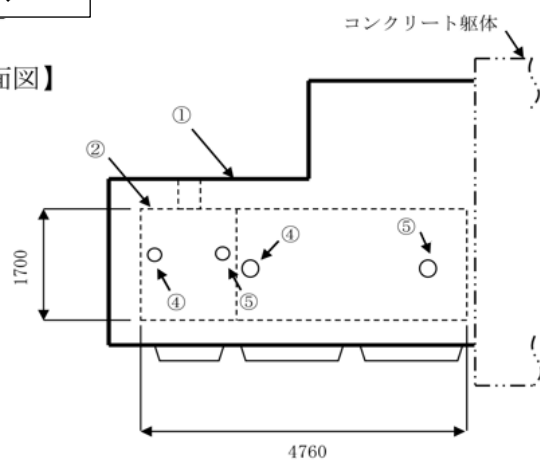


走行・横行浮上り防止治具外形図

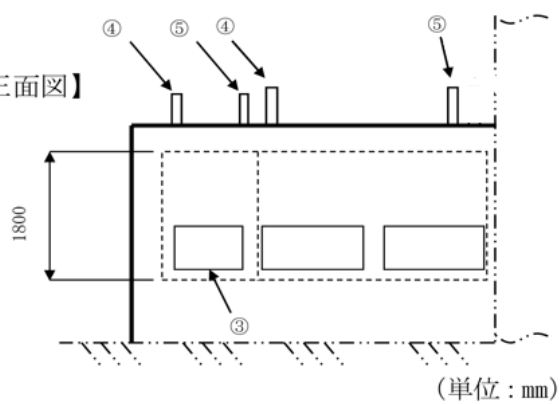
No.	部位	使用材料
①	クレーンガード	SS400
②	サドル	SS400
③	走行浮上り防止治具	SS400
④	横行浮上り防止治具	SS400

鉄セル

【平面図】



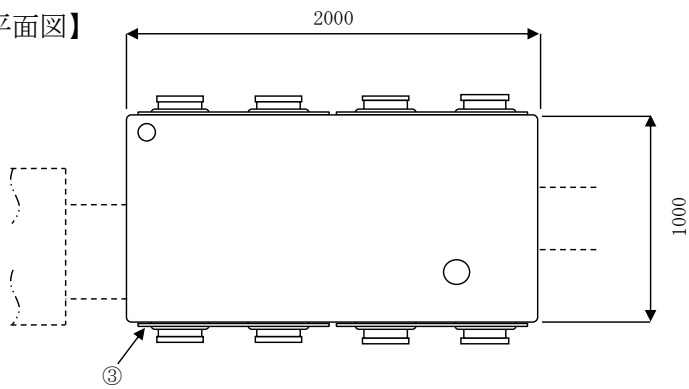
【正面図】



No.	品名	員数	材料
①	遮へい体	1式	SS400
②	インナーボックス	1	SUS304
③	遮へい窓	3	-
④	給気口	2	SUS304
⑤	排気口	2	SUS304

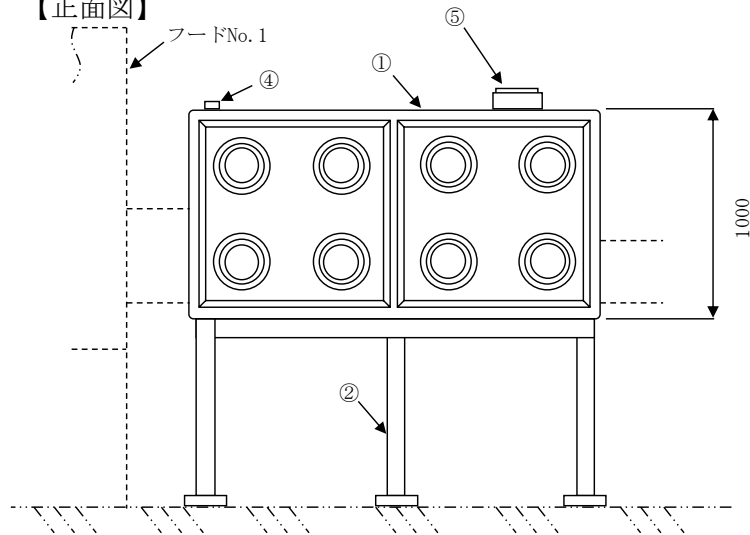
GB-No.1

【平面図】



No.	品名	員数	材料
①	本体	1	SUS304
②	架台	1	SUS304
③	気密パネル	1式	ポリカーボネート樹脂
④	給気口	1	SUS304
⑤	排気口	1	SUS304

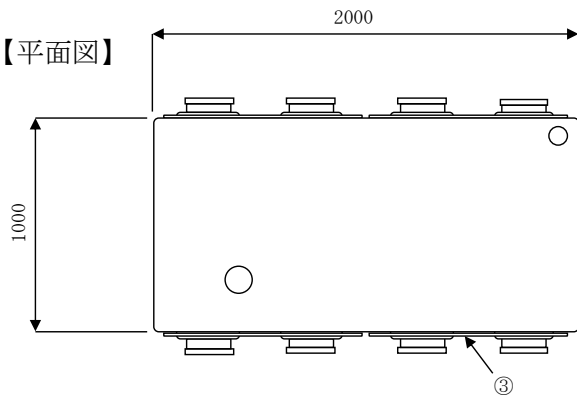
【正面図】



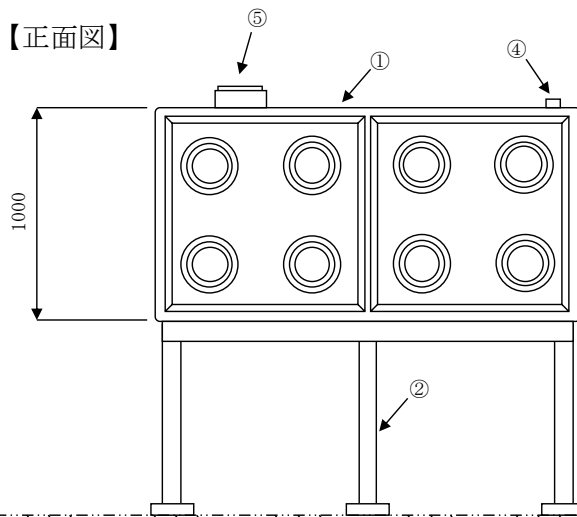
(単位 : mm)

GB-No.2

【平面図】



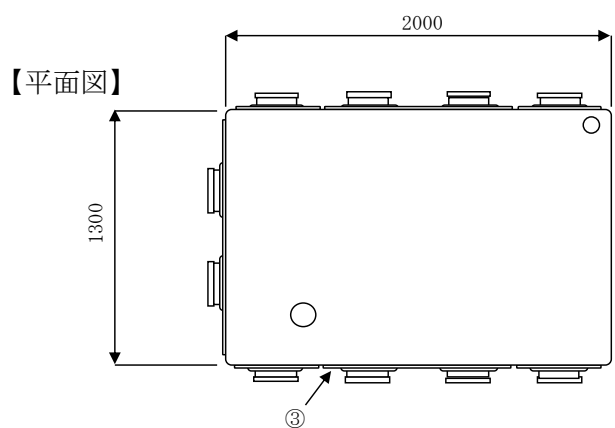
【正面図】



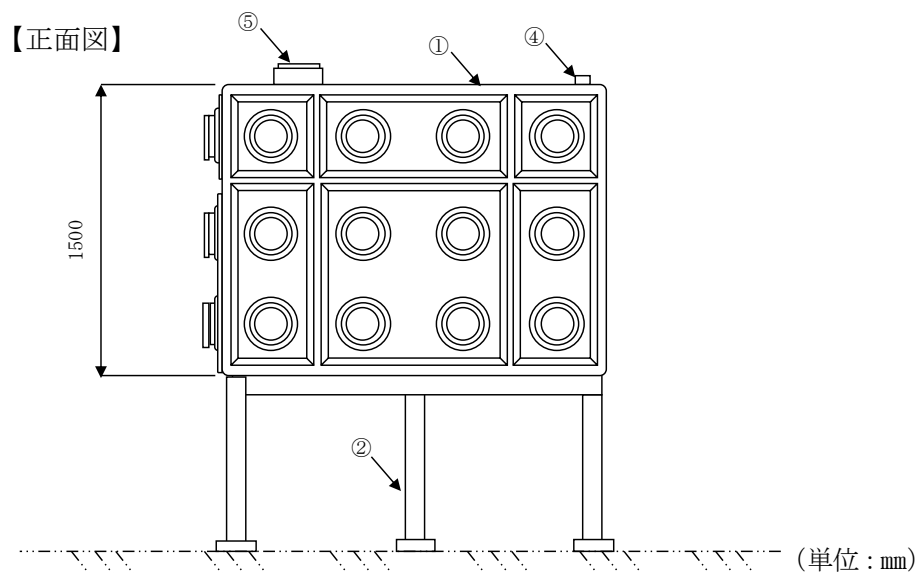
No.	品名	員数	材料
①	本体	1	SUS304
②	架台	1	SUS304
③	気密パネル	1式	ポリカーボネート樹脂
④	給気口	1	SUS304
⑤	排気口	1	SUS304

(単位: mm)

GB-No.3

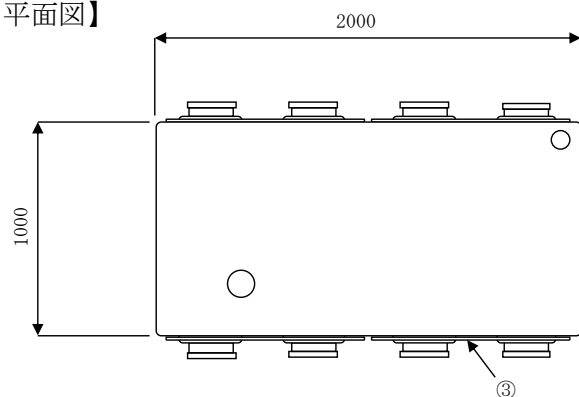


No.	品名	員数	材料
①	本体	1	SUS304
②	架台	1	SUS304
③	気密パネル	1式	ポリカーボネート樹脂
④	給気口	1	SUS304
⑤	排気口	1	SUS304

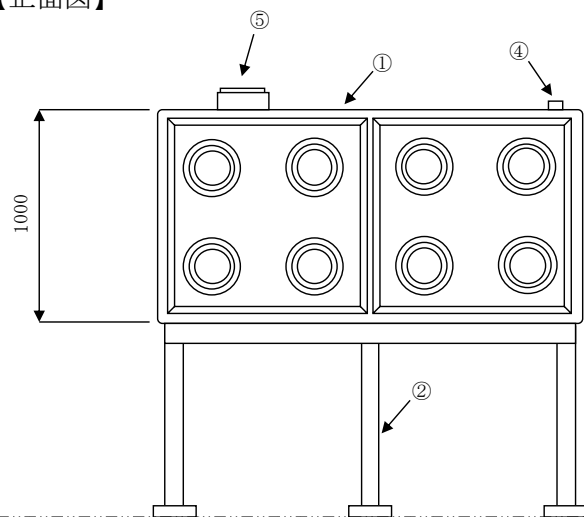


GB-No.4

【平面図】



【正面図】



No.	品名	員数	材料
①	本体	1	SUS304
②	架台	1	SUS304
③	気密パネル	1 式	ポリカーボネート樹脂
④	給気口	1	SUS304
⑤	排気口	1	SUS304

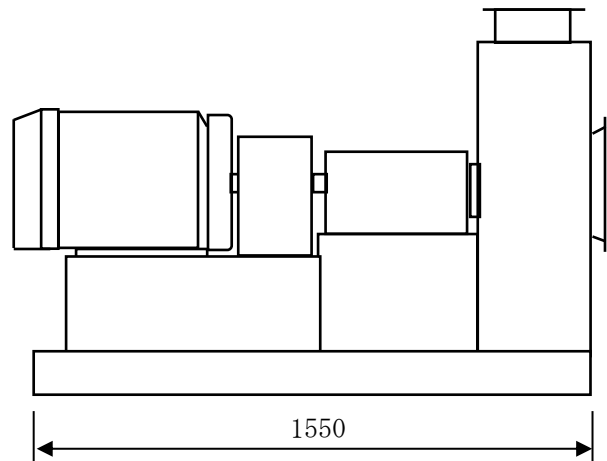
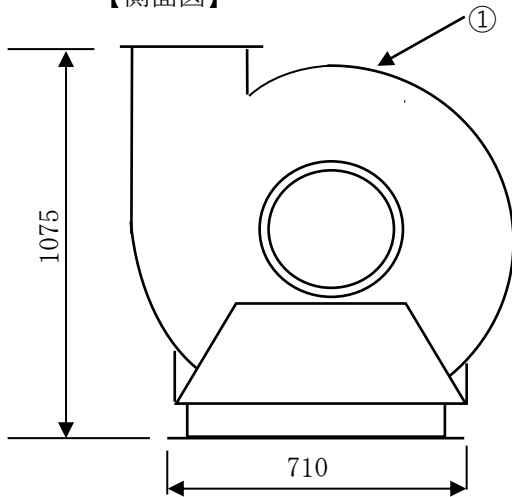
(単位 : mm)

セル・グローブボックス用排風機 A, B

No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	1	SS400

【側面図】

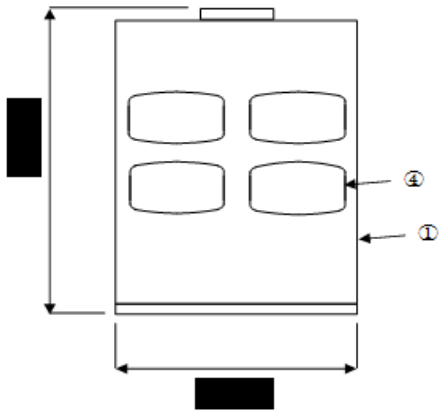
【正面図】



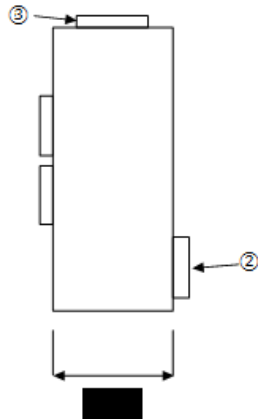
(単位：mm)

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B

【正面図】



【側面図】

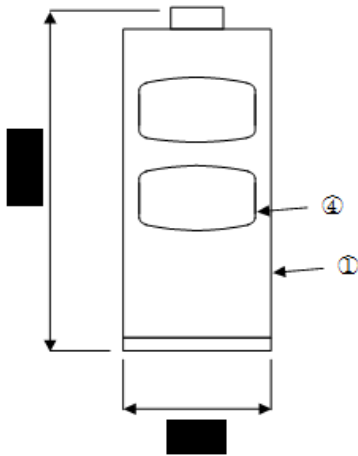


No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	1	
②	給気口	1	
③	排気口	1	
④	気密カバー	4	

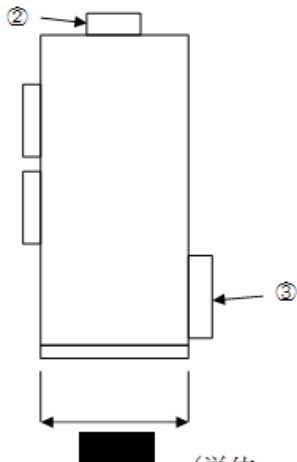
(単位: mm)

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D

【正面図】



【側面図】

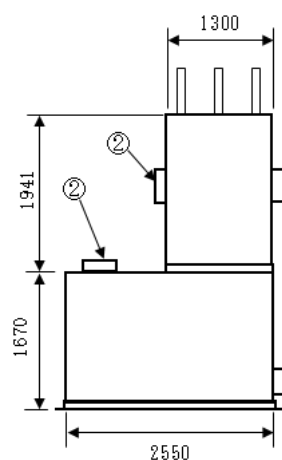


(単位: mm)

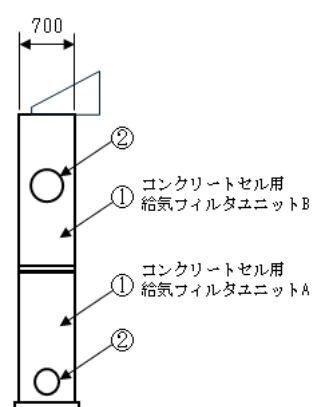
No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	1	
②	給気口	1	
③	排気口	1	
④	気密カバー	2	

コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B

【正面図】



【側面図】

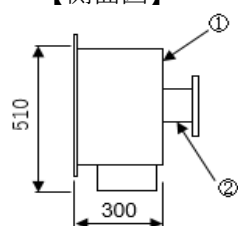


No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	2	SUS304
②	ノズル	4	SUS304

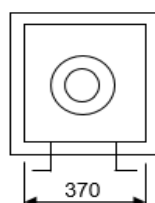
(単位: mm)

鉄セル用給気フィルタユニット A, B

【側面図】



【正面図】

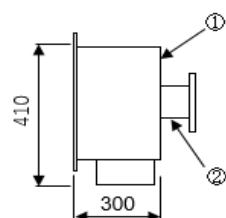


No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	1	SUS304
②	ノズル	1	SUS304

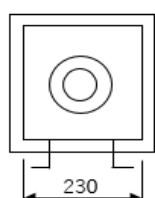
(単位: mm)

鉄セル用給気フィルタユニット C, D

【側面図】



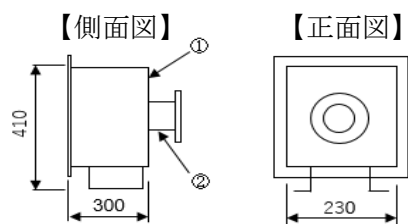
【正面図】



No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	1	SUS304
②	ノズル	1	SUS304

(単位: mm)

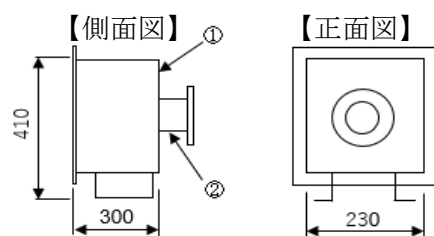
グローブボックス用給気フィルタユニット A, B, C, D, E, F



No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	1	SUS304
②	ノズル	1	SUS304

(単位: mm)

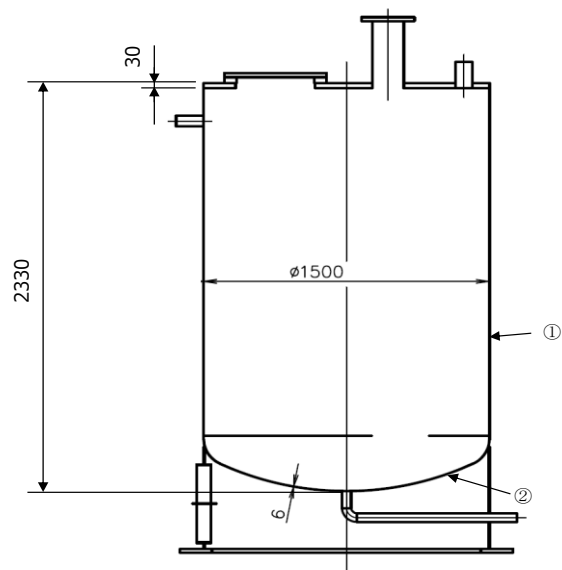
グローブボックス用給気フィルタユニット G, H



No.	品名	員数	材料
①	ケーシング	1	SUS304
②	ノズル	1	SUS304

(単位: mm)

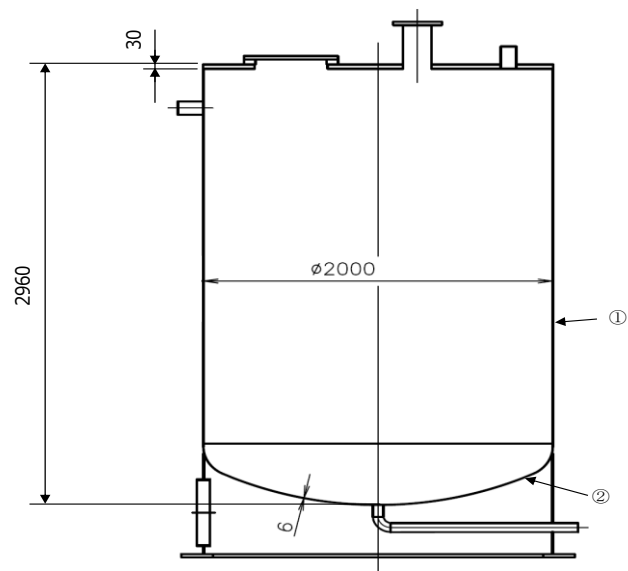
分析廃液受槽 A, B



No.	品名	員数	材料
①	胴板	1	SUS316L
②	鏡板	1	SUS316L

(単位 : mm)

設備管理廃液受槽 A, B

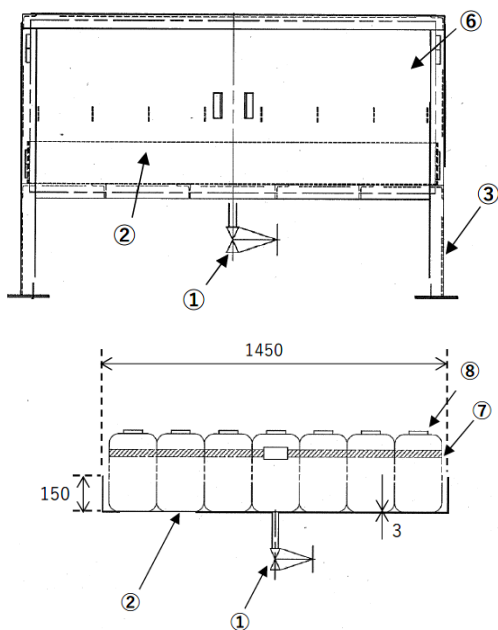


No.	品名	員数	材料
①	胴板	1	SUS304
②	鏡板	1	SUS304

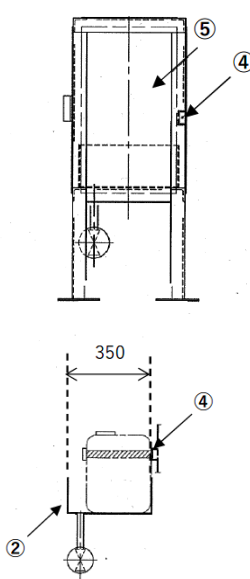
(単位 : mm)

塩酸含有廃液保管ラック

【正面図】



【側面図】

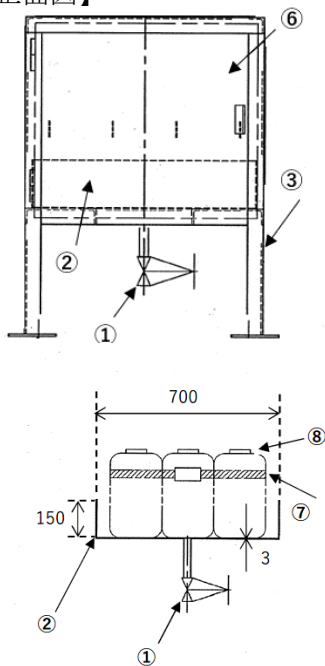


No.	品名
①	ドレン弁
②	受け皿
③	フレーム
④	ベルト取付金具
⑤	側パネル
⑥	扉
⑦	ベルト
⑧	ポリエチレン容器等

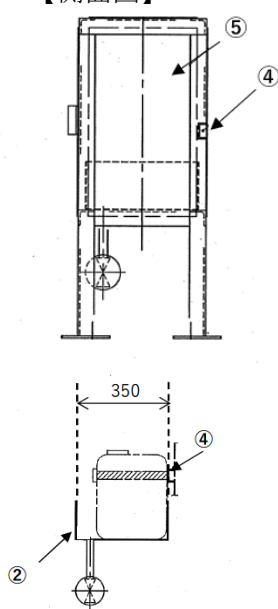
受け皿詳細 (単位: mm)

有機廃液保管ラック

【正面図】



【側面図】

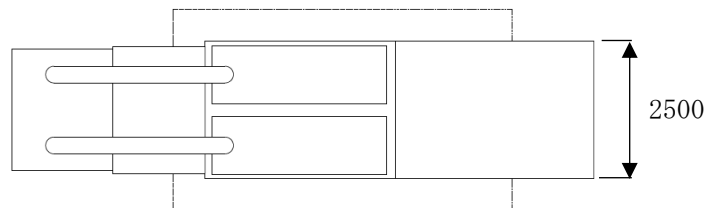


No.	品名
①	ドレン弁
②	受け皿
③	フレーム
④	ベルト取付金具
⑤	側パネル
⑥	扉
⑦	ベルト
⑧	ポリエチレン容器等

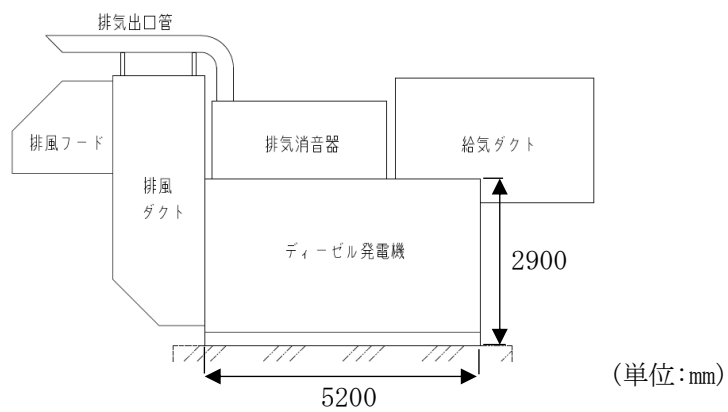
受け皿詳細 (単位: mm)

非常用電源設備(屋外ディーゼル発電機)

【平面図】

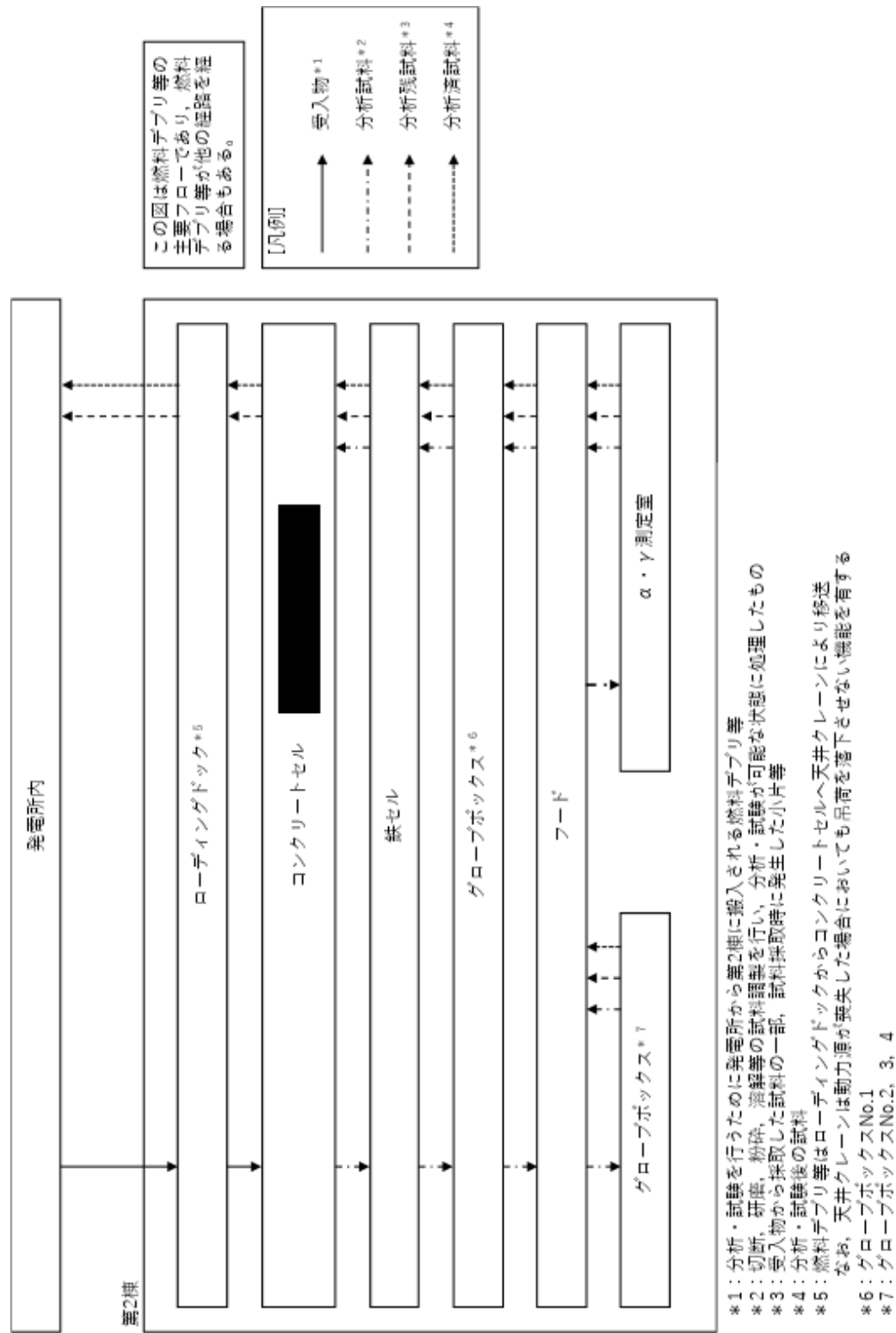


【断面図】



燃料デブリ等フロー図

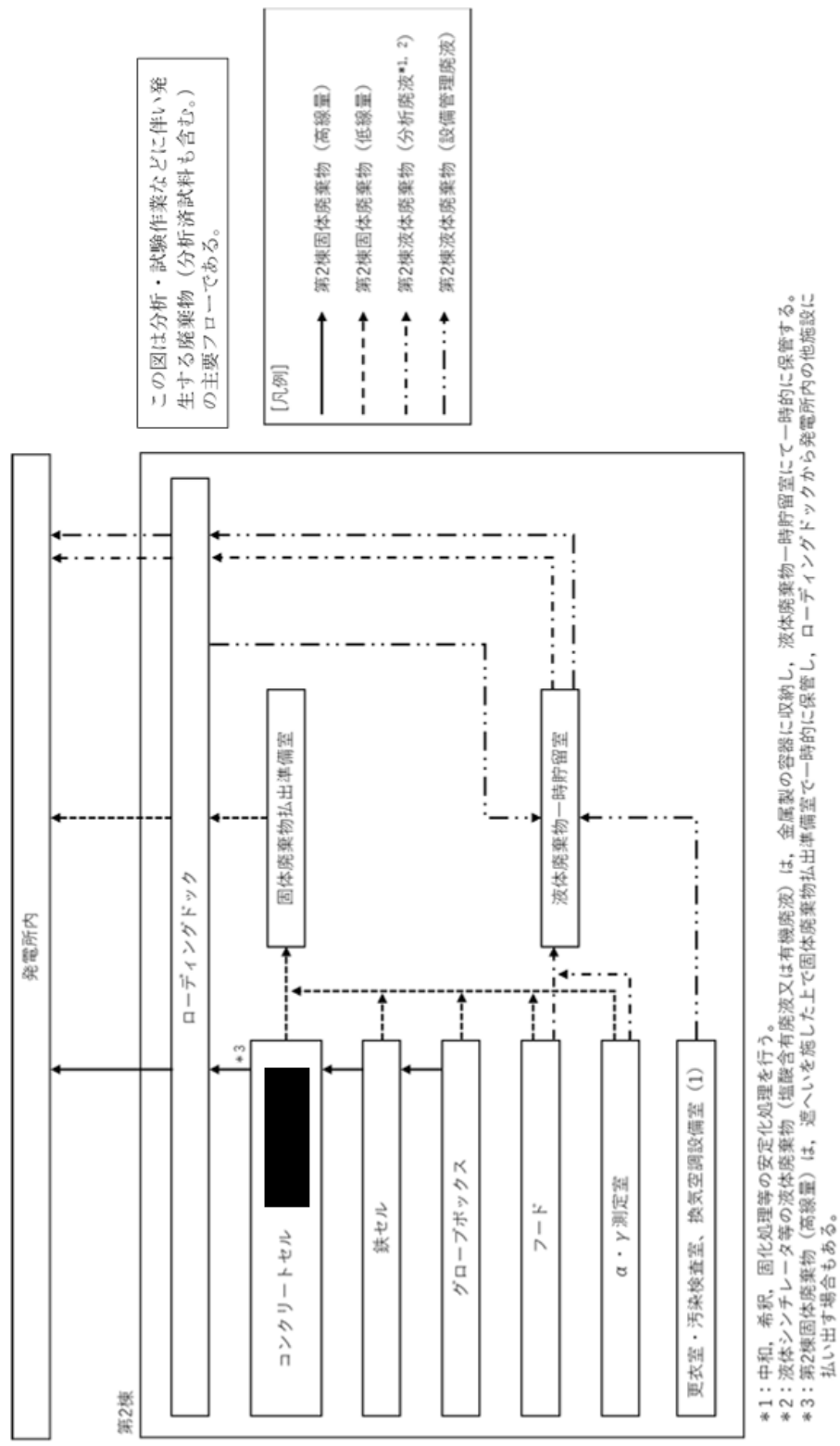
第 2 棟の燃料デブリ等フロー図を以下に示す。



第 2 棟の燃料デブリ等フロー図

放射性廃棄物フロー図

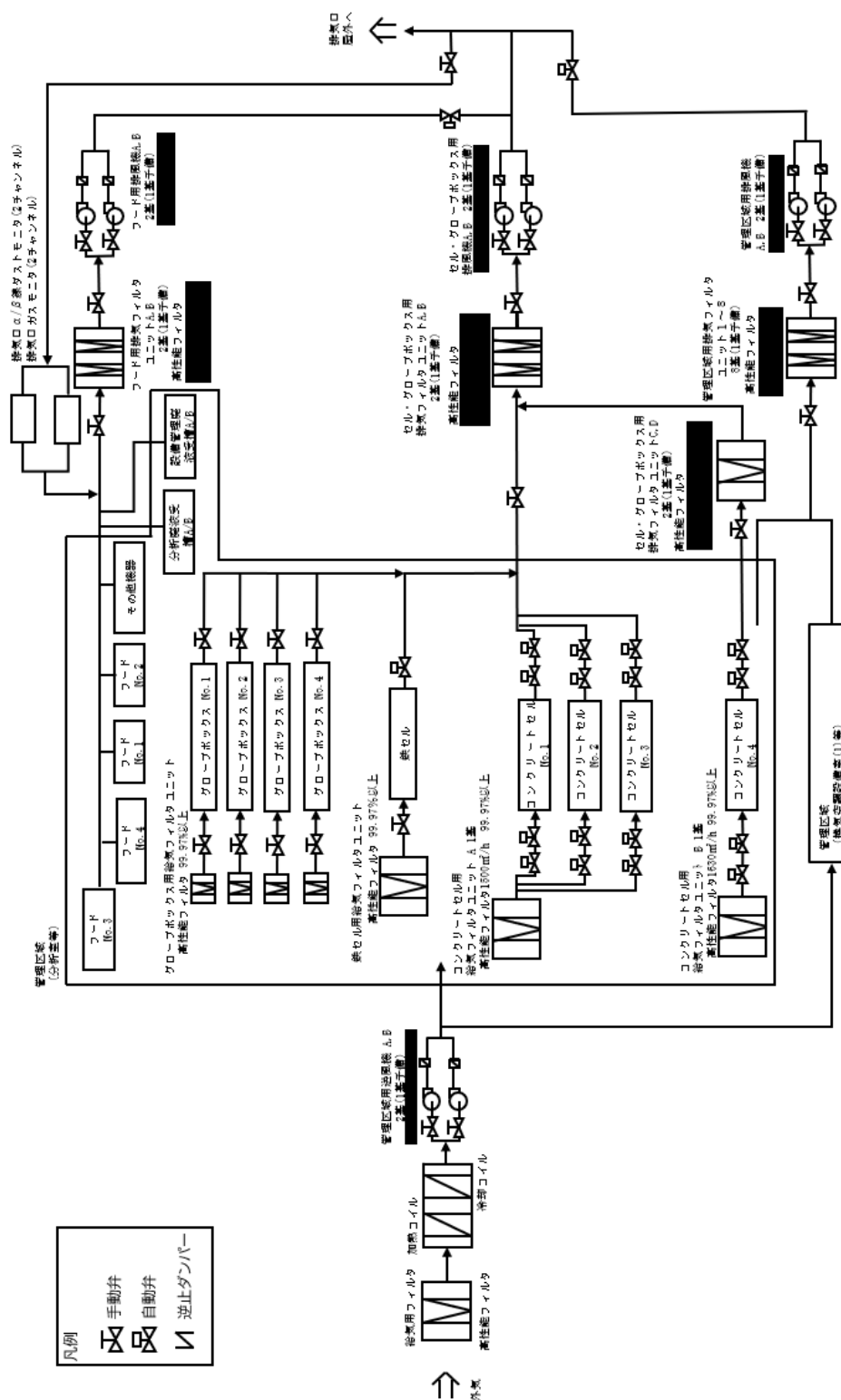
第 2 棟の放射性廃棄物フロー図を以下に示す。



第 2 棟の放射性廃棄物フロー図

換気空調設備概略系統図

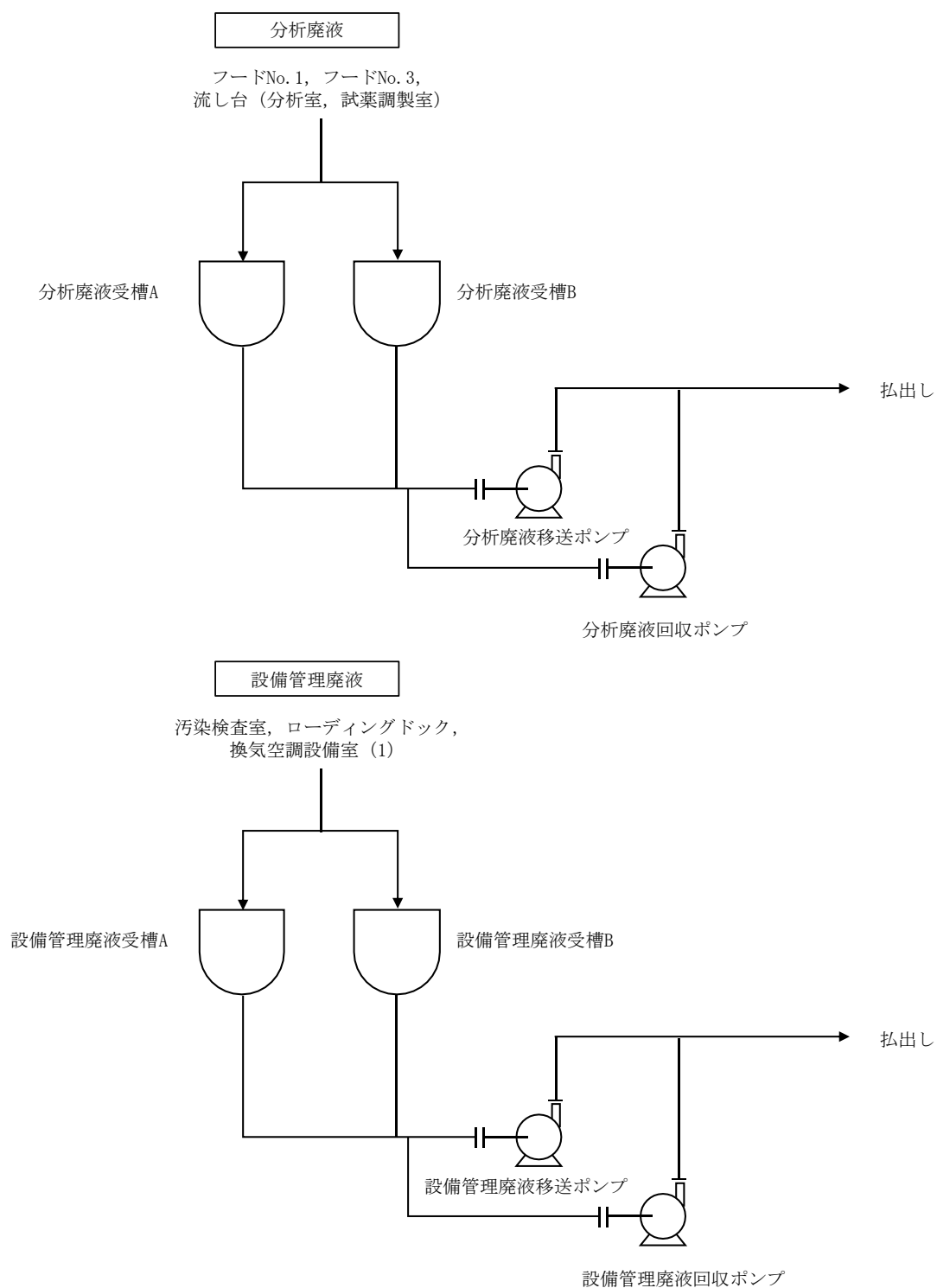
第2棟の換気空調設備概略系統図を以下に示す。



第2棟の換気空調設備概略系統図

液体廃棄物一時貯留設備概略系統図

第 2 棟の液体廃棄物一時貯留設備概略系統図を以下に示す。



第 2 棟の液体廃棄物一時貯留設備概略系統図

主要分析機器一覧表

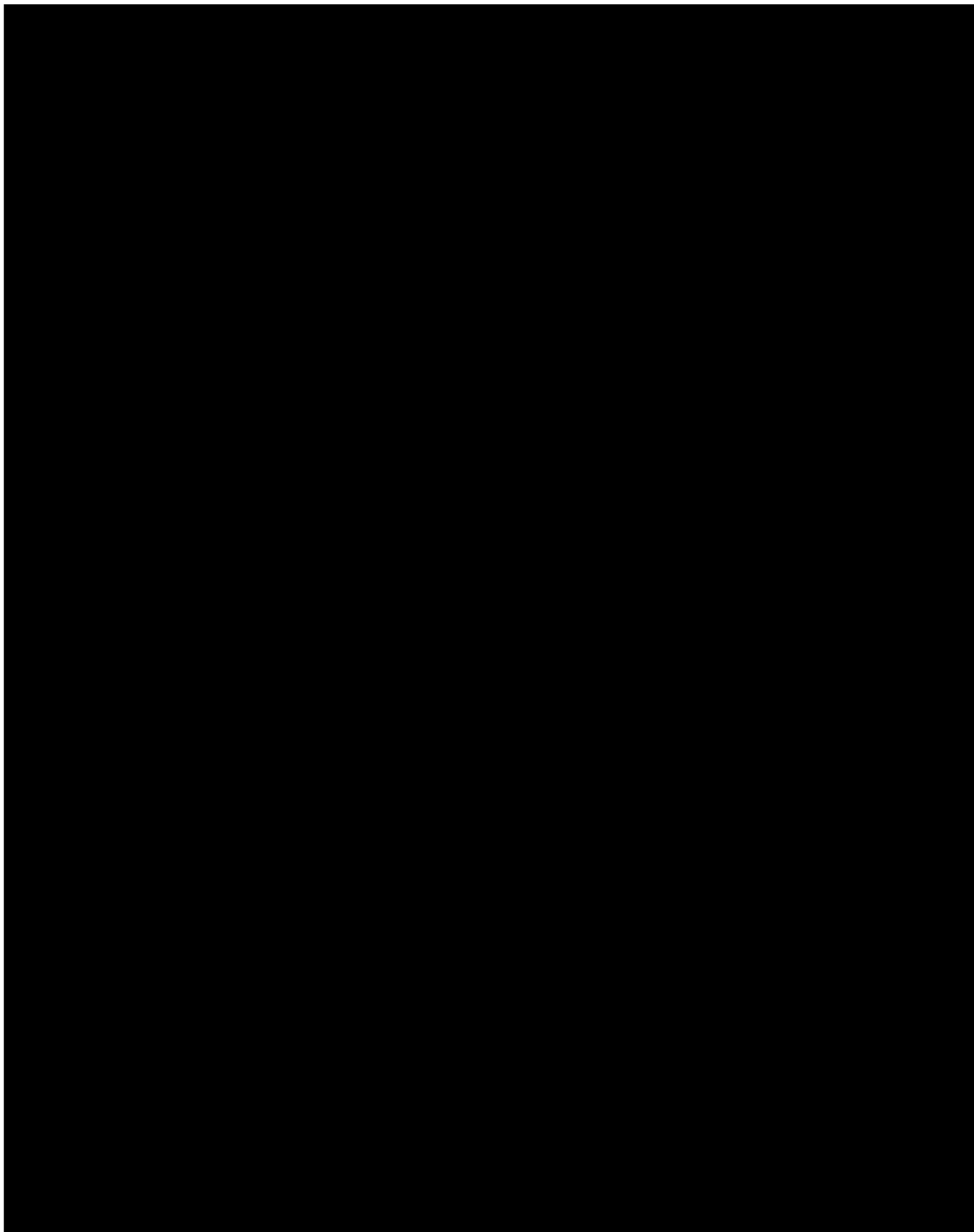
第 2 棟の主要分析機器一覧表を以下に示す。

第 2 棟の主要分析機器一覧表

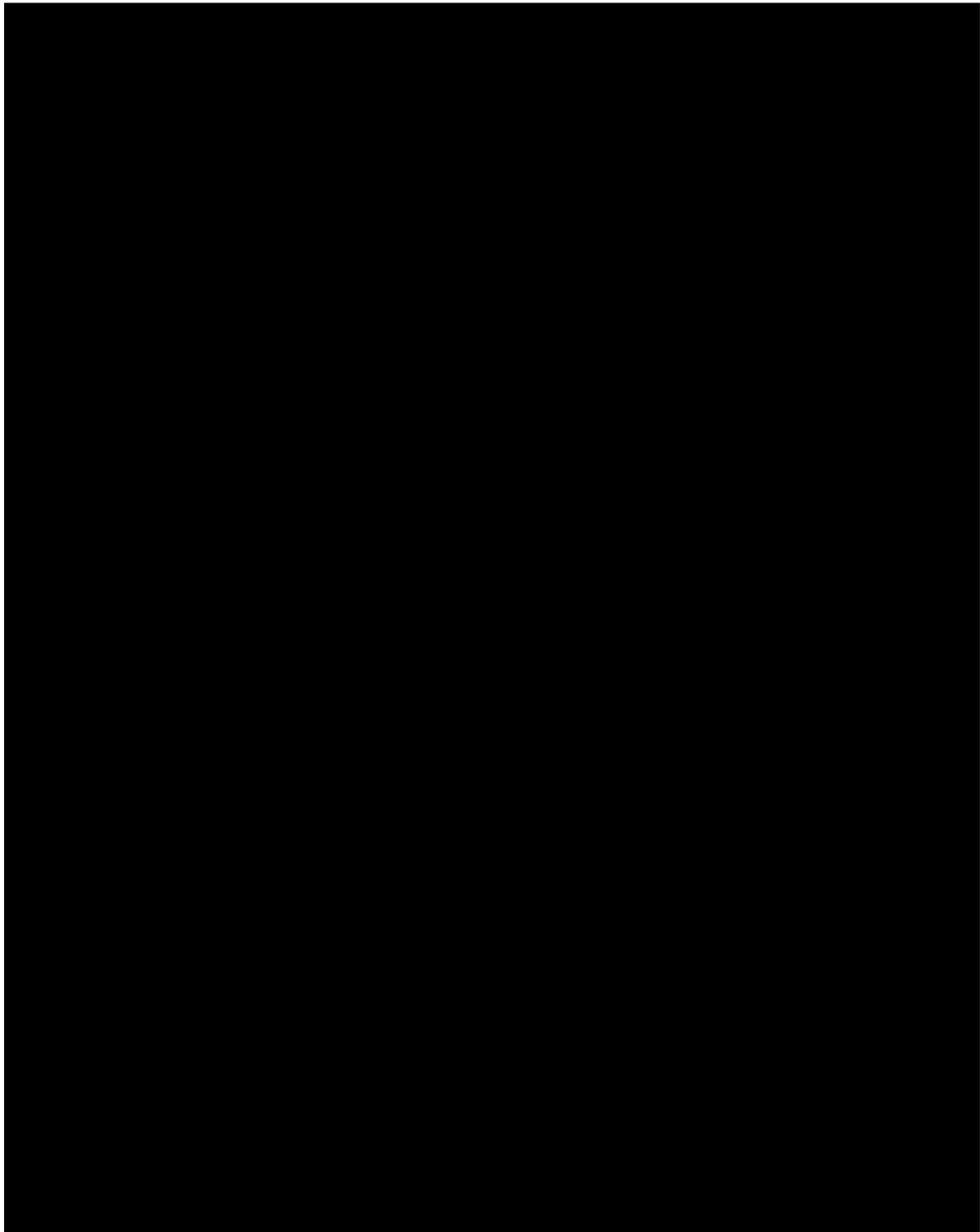
分析機器	数量
蛍光 X 線分析装置 (XRF) 光学顕微鏡 硬さ試験機 電子線マイクロアナライザ ガスクロマトグラフ イオンクロマトグラフ 高周波誘導結合プラズマ質量分析装置 高周波誘導結合プラズマ発光分光分析装置 アルファ線スペクトロメータ ガンマ線スペクトロメータ 液体シンチレーションカウンタ ガスフローカウンタ等	一式

放射線を監視する設備の配置図

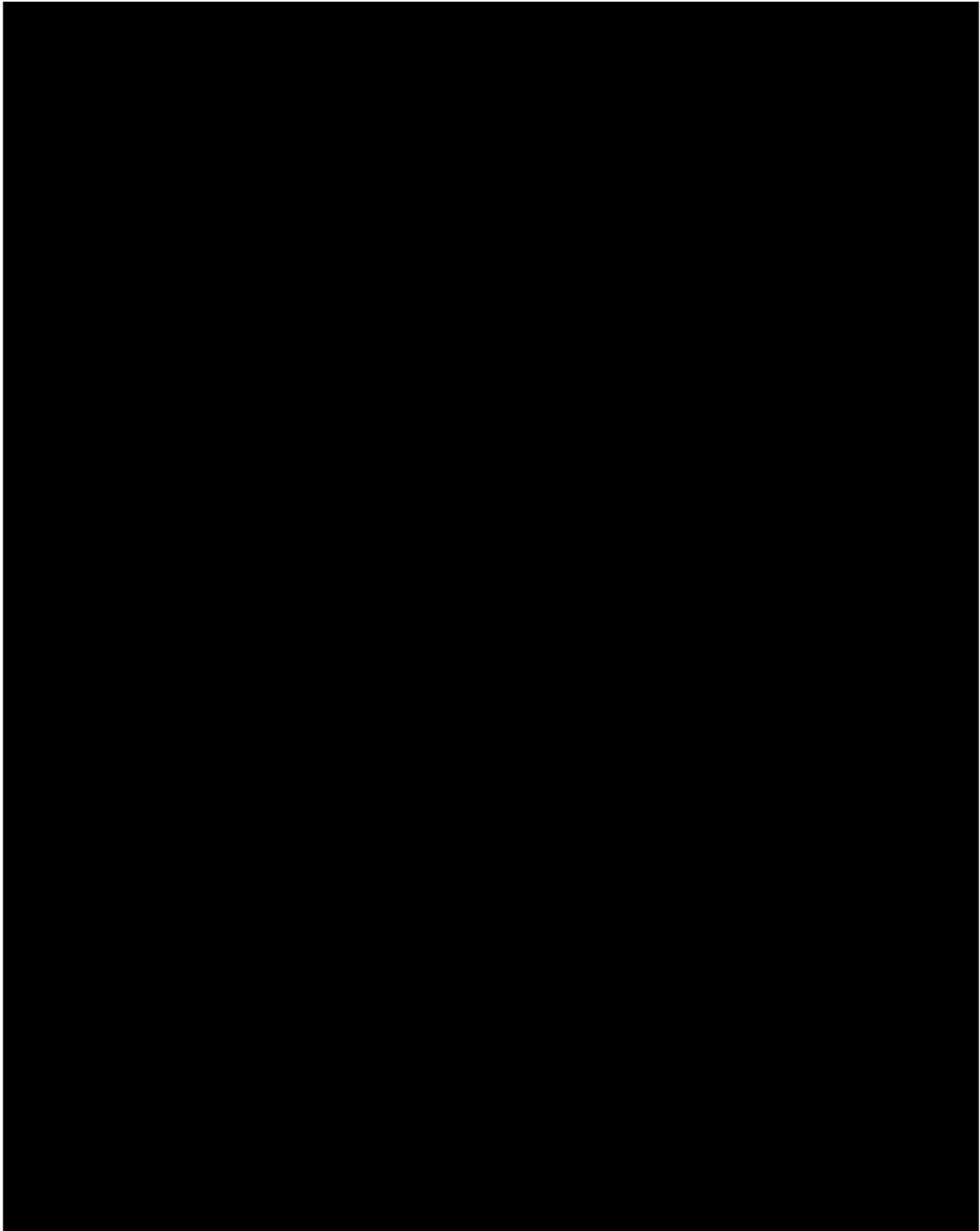
第 2 棟の放射線を監視する設備の配置図を以下に示す。



図一1 第 2 棟の放射線を監視する設備の配置図 地下 1 階



図一2 第2棟の放射線を監視する設備の配置図 1階



図一3 第2棟の放射線を監視する設備の配置図 2階

第2棟の具体的な安全確保策等

1. 「Ⅱ. 設計、設備について措置を講ずべき事項」に係る安全確保策等

第2棟は、燃料デブリ等の放射性物質を取り扱うことから、措置を講ずべき事項等に関連する規制基準を満たすために、必要な対策を講ずる。特に、放射性物質の漏えい発生防止、漏えい検知・漏えい拡大防止、運転員操作に対する設計上の考慮等について具体的な安全確保策を定め、実施する。

1.1 電源の確保

(1) 第2棟 電源の確保

第2棟は、近傍のメタルクラッド開閉装置（以下「所内共通 M/C」という。）から、本線・予備線の2系統で高圧受電し、万一、外部電源が喪失した場合でも、第2棟に設置する非常用電源設備から必要な設備に給電できる設計とする。

(2) 第2棟 電気系統設備（高圧側）の保護

所内高圧母線は、所内共通 M/C で連系し、特定原子力施設へ電力を振り分ける。第2棟に関連する電気系統の設備故障により発生する短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流に対し、保護継電器により検知できる設計としており、検知した場合には、保護継電器からの信号により、遮断器等において故障箇所を離隔することで、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設計とする。

(3) 第2棟 電気系統設備（低圧側）の保護

低圧側に接続されるファンやポンプ等の負荷については、過負荷や短絡による異常な過電流を検知し、配線用遮断器 (MCCB) 又は漏電遮断器 (ELCB) に備わる引き外し機能を用いて電路を遮断することにより、他の設備への影響を限定できる設計とする。

(4) 第2棟 電気系統を構成する個々の機器の信頼性

電気系統を構成する電線、母線、変圧器、その他関連する機器として、配線用遮断器 (MCCB) , 漏電遮断器 (ELCB) , 保護継電器、非常用電源設備（内燃機関、発電機）等は、電気学会電気規格調査会にて定められた規格 (JEC) 又は日本産業規格 (JIS) 等で定められた適切な仕様の機器を選定し、信頼性の高い設計とする。

(5) 第2棟 雷サージ対策

第2棟に設置する電気系統設備の雷サージ保護は、ボーリング接地極を用いて接地抵抗の低減を行う設計とする。

(6) 第 2 棟 外部電源喪失時における給電切替について

第 2 棟に給電する外部電源は、大熊線 3 号、4 号及び東電原子力線から給電する設計としている。通常時、発電所は、大熊線 3 号及び 4 号から給電しており、片方が電源喪失しても、もう片方からの電源供給が継続される設計としている。また、大熊線 3 号及び 4 号が両方電源喪失した場合は、東電原子力線への切替を手動で行う計画としている。外部電源喪失時には、第 2 棟の受変電設備にて低電圧を検知し、第 2 棟の非常用電源設備が自動起動して第 2 棟の主要な負荷に給電する設計とする。

なお、東電原子力線の系統から給電する際は、第 2 棟の非常用電源設備からの給電を停止する設計とする。

(7) 外部電源喪失時における第 2 棟の電源の確保

非常用電源設備として屋外ディーゼル発電機 (1000kVA×1 台) を設け、外部電源の喪失が発生した際、自動起動して第 2 棟の保安上必要とされる負荷に 168 時間連続で電力を供給するために、十分な燃料容量を有する設計とする。

a. 非常用電源設備及びその付属設備の信頼性

(a) 非常用電源設備の配置

第 2 棟の非常用電源設備は第 2 棟北側に配置し、外部電源喪失時に、監視設備や安全機能を確保するために必要となる負荷を非常用電源設備に接続する。

(b) 容量について

i) 非常用電源設備

屋外ディーゼル発電機

台数 : 1 台

容量 : 1000kVA

電圧 : 6.6kV

力率 : 0.8

周波数 : 50Hz

ii) 非常用電源設備に接続する主な負荷

外部電源が喪失した場合に、第 2 棟の設備を安全に停止するために必要な負荷と業務上必要とされる負荷を非常用電源設備に接続する。

(c) 燃料貯蔵設備

屋外ディーゼル発電機は、第 2 棟の設備を安全に停止するために必要な負荷と業務上必要とされる負荷に必要な容量を有しており、燃料は地下タンクから燃料移送ポンプにて、屋外ディーゼル発電機へ供給される。

地下タンクは、168 時間連続運転できる容量とする。

地下タンク

形状 : 横型円筒形

基数 : 1 基

容量 : 50kL

使用燃料 : A 重油

1.2 放射性固体廃棄物の処理・保管・管理

(1) 第2棟固体廃棄物を一時的に保管するための施設の構造及び設備

a. 構造及び設備

第2棟固体廃棄物を保管・管理するための施設は、コンクリートセル及び試料ピットの一時保管エリア（以下「一時保管エリア」という。）並びに第2棟地下1階に設置する固体廃棄物払出準備室で構成する。また、固体廃棄物払出準備室には、固体廃棄物払出準備設備を設置する。

第2棟固体廃棄物は、分別を行った後、所定の容器に収納する。低線量の第2棟固体廃棄物及び遮へい措置を施し表面線量率を低減化した高線量の第2棟固体廃棄物（以下「線量低減化第2棟固体廃棄物」という。）は固体廃棄物払出準備室、高線量の第2棟固体廃棄物は一時保管エリアにおいて一時的に保管し、発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）又は燃料デブリ等を含む分析済試料は燃料デブリ等を保管する施設（以下「燃料デブリ保管施設」という。）へ搬出する。

試料ピットで一時的に保管する場合は、燃料デブリ等又は高線量の第2棟固体廃棄物を保管する際に使用する金属製容器（以下「保管容器」という。）を区別する等の管理を行うことにより、燃料デブリ等と混在しないよう管理する。高線量の第2棟固体廃棄物には、除染資材、イオン交換樹脂等が含まれているため、これらを保管する際には、ビニール袋等に収納することにより保管容器の腐食を防止する。また、ビニール袋等が酸やアルカリにより破損しないように材質等を考慮する。

b. 第2棟固体廃棄物の保管容器

(a) 高線量の第2棟固体廃棄物関係

i) 保管容器

試料ピットで燃料デブリ等又は高線量の第2棟固体廃棄物を保管する際に使用する耐火性の金属製容器。

なお、保管容器については、制動放射が発生しにくい材質のものを使用する。

ii) 収納容器（高線量用）

高線量の第2棟固体廃棄物を一時的に保管する際に使用する耐火性の金属製収納容器。

なお、収納容器については、制動放射が発生しにくい材質のものを使用する。

iii) 移送容器

高線量の第2棟固体廃棄物をセル内移動及び搬出する際に使用するポリエチレン容器。

iv) 遮へい容器

放射線を遮へいするための金属製容器。

v) 輸送容器

燃料デブリ等又は高線量の第2棟固体廃棄物を輸送する際に使用する容器。輸送容器は別途申請する。

vi) 収納容器（輸送用）

試料及び高線量の第2棟固体廃棄物を輸送する際に使用する金属製容器。

vii) 気密容器

容器内部を気密にすることができる容器。

(b) 低線量の第2棟固体廃棄物関係

i) 払出前収納容器

固体廃棄物払出準備室に設置する耐火性の金属製容器。

なお、払出前収納容器については、制動放射が発生しにくい材質のものを使用する。また、払出前収納容器を積み重ねる際はフォークリフト等を用い、廃棄物の高さが3000mmを超えないようにする。

ii) 収納容器（低線量用）

低線量の第2棟固体廃棄物を収納する際に使用する容器（ビニール袋）。

iii) 金属容器

収納容器（低線量用）を収納する耐火性の金属製容器。

iv) 収納容器（輸送用）

試料及び低線量の第2棟固体廃棄物を輸送する際に使用する金属製容器。

v) 気密容器

容器内部を気密にすることができる容器。

c. 第2棟固体廃棄物の保管能力

固体廃棄物払出準備室及び一時保管エリアでの保管容量を確保できるように、発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。高線量の第2棟固体廃棄物の一時保管最大容量は1.2m³、低線量の第2棟固体廃棄物の一時保管最大容量は17m³とする。また、搬出先施設では、第2棟の運用に支障が生じないように、保管容量を継続的に確保する。

(2) 第2棟固体廃棄物の分類

第2棟固体廃棄物は、可燃性、難燃性及び不燃性の雑固体であり、その中には線量率の高いものや燃料デブリ等が付着したものも含まれることから、以下のとおり分類して管理する。

第2棟固体廃棄物の分類の仕方については、第2棟運用開始後に燃料デブリ等の分析を進めていく中で、第2棟固体廃棄物の構成核種等を考慮した管理方法の検討を進める。管理方法を変更する場合には、必要に応じて実施計画変更の要否等も含めて検討する。

なお、現在検討している第2棟固体廃棄物の構成核種等を考慮した管理方法としては、燃料デブリ等が搬入された後、燃料デブリ等の分析から主要核種の組成比を求め、その後発生した廃棄物の表面線量より放射エネルギーを求めるものである。

a. 高線量の第2棟固体廃棄物

高線量の第2棟固体廃棄物は、セル等で発生する第2棟固体廃棄物のうち、線量率が1mSv/h以上のものとする。第2棟固体廃棄物のうち、燃料デブリが含まれているもの（付着等により分離できないもの）は、分析済試料として線量率の高低に関わらず高線量の第2棟固体廃棄物として管理し、臨界管理の観点から核燃料物質として質量管理を行う。また、燃料デブリが含まれているもの（付着等により分離できないもの）は、固体廃棄物払出準備室では一時的に保管しないこととする。第2棟へ受け入れた燃料デブリの重量と第2棟から搬出する燃料デブリの重量を測定し、その差分が「高線量の第2棟固体廃棄物」の中に存在するものとして管理する。

b. 低線量の第2棟固体廃棄物

低線量の第2棟固体廃棄物は、第2棟固体廃棄物のうち、線量率が1mSv/h未満のものとする。低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物3種類（紙・ウエス類、プラスチック・ポリ・ビニール類（塩化ビニール類を除く。）、その他）、難燃物2種類（ゴム類、その他）、不燃物3種類（金属ガラ、塩化ビニール類（PVCバッグ等）、その他）の8種類に分類する。

c. α核種を含む第2棟固体廃棄物

高線量の第2棟固体廃棄物及び低線量の第2棟固体廃棄物のうち、α核種を含むもの（燃料デブリを含む高線量の第2棟固体廃棄物を除く。）は、βγ核種のみが含まれる第2棟固体廃棄物と分けし管理する。

(3) 第2棟固体廃棄物の保管・管理

第2棟固体廃棄物は閉じ込め、遮へい及び臨界を考慮した状態で管理する。

なお、原則として第2棟に燃料デブリ等として搬入したものうち、分析作業に使用しなかった燃料デブリ等の残試料、その破片等のように臨界管理等が必要なものは、廃棄物ではなく試料として燃料デブリ保管施設に搬出する。

a. 高線量の第2棟固体廃棄物

高線量の第2棟固体廃棄物は、第2棟内の一時保管エリアに一時的に保管する。又は、遮へい容器に収納して固体廃棄物払出準備室で一時的に保管し、その後発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

なお、試料ピットは、普通コンクリート及びステンレス鋼のライニング等の不燃性材料又は難燃性材料で製作し、耐火性を確保する。

(a) 高線量の第2棟固体廃棄物の一時的な保管

高線量の第2棟固体廃棄物は、腐食対策としてビニール袋等に収納した上で高線量の第2棟固体廃棄物を一時的に保管する際に使用する耐火性の収納容器（高線量用）又は保管容器に収納し、コンクリートセルNo.4又は試料ピットの区画した一時保管エリアに一時的に保管する。また、線量低減化第2棟固体廃棄物は固体廃棄物払出準備室に設置する分類に応じた耐火性の払出前収納容器に収納し、一時的に保管する。線量低減化第2棟固体廃棄物は、手押し台車等を用いて固体廃棄物払出準備室に運搬する。

(b) 高線量の第2棟固体廃棄物の搬出

高線量の第2棟固体廃棄物を搬出する際は、コンクリートセルにおいて、インセルモニタ等を用いて線量測定及び汚染確認を行い、必要に応じて除染等をした上で輸送容器に収納し、ローディングドックから搬出する。また、線量低減化第2棟固体廃棄物は、固体廃棄物払出準備室において、線量測定及び汚染確認を行い、必要に応じて除染等を行った上で払出前収納容器に収納し、ローディングドックから搬出する。

なお、高線量の第2棟固体廃棄物は1か月に3回程度の頻度を目安として、計画的に発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

b. 低線量の第 2 棟固体廃棄物

(a) 低線量の第 2 棟固体廃棄物の一時的な保管

低線量の第 2 棟固体廃棄物は、可燃物、難燃物及び不燃物に分類し、収納容器（低線量用）に収納し、固体廃棄物払出準備室に設置する分類に応じた払出前収納容器に収納し、一時的に保管する。

なお、低線量の第 2 棟固体廃棄物は、手押し台車等を用いて固体廃棄物払出準備室に運搬する。

(b) 低線量の第 2 棟固体廃棄物の搬出

低線量の第 2 棟固体廃棄物は、コンクリートセル、鉄セル又はグローブボックスから取り出す際には PVC バッグで梱包し、フードから取り出す際にはビニール袋等に収納した上で収納容器（低線量用）に収納し、固体廃棄物払出準備室において線量測定及び汚染確認を行った上で分類に応じた払出前収納容器に収納する。払出前収納容器を搬出する際は、固体廃棄物払出準備室において線量測定及び汚染確認を行い、必要に応じて除染等を行った上で払出前収納容器に収納し、ローディングドックから搬出する。

なお、低線量の第 2 棟固体廃棄物は 1 か月に 1 回程度の頻度を目安として発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

c. α 核種を含む第 2 棟固体廃棄物

(a) α 核種を含む第 2 棟固体廃棄物の一時的な保管

高線量の第 2 棟固体廃棄物及び低線量の第 2 棟固体廃棄物のうち、 α 核種を含むもの（燃料デブリを含む高線量の第 2 棟固体廃棄物を除く。）は、 β γ 核種のみが含まれる第 2 棟固体廃棄物とは区分けして一時的に保管する。

(b) α 核種を含む第 2 棟固体廃棄物の搬出

α 核種を含む第 2 棟固体廃棄物は、線量率に応じて以下のとおり搬出する。

i) α 核種を含む高線量の第 2 棟固体廃棄物は、コンクリートセルにおいて、インセルモニタ等を用いて線量測定を行い、必要に応じて除染等をした上で輸送容器に収納し、ローディングドックから搬出する。1 か月に 3 回程度の頻度を目安として計画的に発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

ii) α 核種を含む低線量の第 2 棟固体廃棄物は、コンクリートセル、鉄セル又はグローブボックスから取り出す際には PVC バッグで梱包し、フードから取り出す際にはビニール袋等に収納した上で、収納容器（低線量用）に詰める。固体廃棄物払出準備室において線量測定及び汚染確認を行った上で、払出前収納容器に収納する。払出前収納容器を搬出する際は、固体廃棄物払出準備室において線量測定及び汚染確認を行い、必要に応じて除染等をした上でローディングドックから搬出する。1 か月に 1 回程度の頻度を目安として計画的に発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

(4) 第 2 棟固体廃棄物の閉じ込め

第 2 棟固体廃棄物を保管・管理するための設備は、限定された区域に放射性物質を適切に閉じ込めることにより漏えいを防止する設計とする。万一、放射性物質が漏えいした場合に備え、その漏えいを検知する機能を設けるとともに、その拡大を防止する。

第 2 棟固体廃棄物による容器の腐食を考慮して、容器に収納する際はビニール袋等に入れてから収納

する。また、空気を汚染するおそれのある第2棟固体廃棄物は、セル等で取り扱う。搬出する際は、サイドローディングキャスクではキャスクに付帯された気密性を有するコンテナを用い、トップローディングキャスクではPVCバッグによる密封方式を用いる。

なお、コンテナを気密容器として使用する場合は、「圧力変化による漏れ試験方法（JIS Z 2332）」又はそれに準拠する漏れ確認試験により閉じ込め機能が確認されたものを使用する。

(5) 第2棟固体廃棄物の遮へい

固体廃棄物払出準備室と隣接する部屋間の壁は、線量率区分に基づき、適切な遮へいとなるよう壁厚を確保する。コンクリートセル及び試料ピットについても、同様に線量率に応じた適切な遮へいとなる壁厚を確保する。高線量の第2棟固体廃棄物を固体廃棄物払出準備室に一時的に保管する場合は、遮へい容器に入れて1mSv/h未満にした上で管理する。高線量の第2棟固体廃棄物を固体廃棄物払出準備室へ運搬する際は、遮へい容器に入れて運搬する。

(6) 第2棟固体廃棄物の放射線管理

汚染管理、漏えい検知等を行うために、第2棟固体廃棄物を取り扱う固体廃棄物払出準備室等に放射線を監視する設備を設置する。

なお、放射線監視室では、放射線管理員が主要な箇所に設置されるモニタリング設備で日中（放射線作業中）の放射線レベル、放射能レベル等を集中監視するため、警報だけではなく注意報や線量率のトレンドも含めて放射線の監視を行う。日中（放射線作業中）に警報が吹鳴した場合は、放射線管理員が速やかに対応する。制御室では、常駐する運転員が換気空調設備の運転状況と併せてエリアモニタ、排気口モニタ、ダストモニタの緊急の対応を要する代表警報の監視を行う。日中（放射線作業中）以外で警報が吹鳴した場合は、運転員が放射線管理員に連絡を行う。

(7) 固体廃棄物払出準備室の線量管理

固体廃棄物払出準備室では、固体廃棄物を収納した払出前収納容器を最大17個一時的に保管する。払出前収納容器1個の表面における線量率は0.1mSv/h未満を管理値として、高線量の第2棟固体廃棄物は払出前収納容器中央に配置し、その周辺に低線量の第2棟固体廃棄物を置いて遮へいすることで0.1mSv/h未満となるようにする。固体廃棄物払出準備室の遮へい評価に用いる線源設定としては、想定している中で最大線量率となる場合の線源強度を設定しており、保守的である。

(8) 第2棟固体廃棄物のその他の管理

第2棟固体廃棄物を一時的に保管する一時保管エリア及び固体廃棄物払出準備室は、外部と区画し、人がみだりに立ち入らないよう壁、柵、その他の区画物を設けることにより立入制限の措置を講ずる。

(9) 第2棟固体廃棄物の搬出先

第2棟固体廃棄物は、計画的に発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

なお、第2棟固体廃棄物の発生量については、放射性固体廃棄物の保管管理計画に反映済みであり、第2棟での廃棄物発生量をできる限り低減することにより、保管容量を確保する。

(10) 第2棟設置工事に伴い発生する廃棄物

第2棟の設置工事は、「東日本大震災により生じた放射性物質により汚染された土壌等を除染するための業務等に係る電離放射線障害防止規則」に基づく適用エリアの外で行われるため、汚染廃棄物（放射性廃棄物）は発生せず、産業廃棄物となることから保管管理計画への反映は不要である。

1.3 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

(1) 第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための施設の構造及び設備

a. 構造及び設備

第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための施設は、第2棟地下1階に設置する液体廃棄物一時貯留室で構成される。

分析作業やその後の洗浄作業によって発生する廃液（分析廃液、塩酸含有廃液、有機廃液）及び管理区域内の設備から発生する廃液（設備管理廃液）は、必要に応じて中和等による安定化处理等を行い、それぞれ発電所内の他施設へ搬出するまで、液体廃棄物一時貯留設備である廃液受槽又は保管ラックにて一時的に保管する。堰内は液体が浸透しにくく、腐食しにくいエポキシ樹脂にて塗装する。液体廃棄物一時貯留設備の概略系統図を、「添付資料-2 別添 2-7 液体廃棄物一時貯留設備概略系統図」に示す。また、第2棟液体廃棄物を、受槽と受槽の間又は接続ボックスと受槽の間を移送するための移送ポンプ及び受槽から漏えいした廃液を回収するための回収ポンプを設置する。回収ポンプについては、移送ポンプをメンテナンス時に受槽と受槽の間又は接続ボックスと受槽の間の廃液の移送ができる設計とする。

第2棟液体廃棄物は、計画的に発電所内の他施設へ搬出して管理することから、第2棟から直接廃棄することとはなく、そのための設備も設置しない。

b. 第2棟液体廃棄物の保管能力

第2棟液体廃棄物は、液体廃棄物一時貯留設備で一時的に保管し、発電所内の他施設へ計画的に搬出することで、その保管容量を確保する。分析廃液の一時貯留最大容量は 6m^3 、塩酸含有廃液の一時貯留最大容量は 0.07m^3 、有機廃液の一時貯留最大容量は 0.03m^3 、設備管理廃液の一時貯留最大容量は 14m^3 とする。

(2) 第2棟液体廃棄物の分類

第2棟液体廃棄物は、発生元や廃液に含まれる試薬等も様々であり、また、その中に含まれる放射性物質の濃度等も異なることから、以下のとおり分類して管理する。

a. 分析廃液

分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等の作業に伴い発生する廃液及び洗浄等によって発生する廃液のことをいう。

b. 塩酸含有廃液

分析作業において塩酸による溶解、分離等の作業に伴い発生する廃液のことをいう。

c. 有機廃液

液体シンチレーションカウンタ等を使用する分析作業で発生する廃液のことをいう。

d. 設備管理廃液

汚染検査室の手洗い、シャワー設備、ローディングドック床ドレン、換気空調設備室の排気口釜場等から発生する廃液のことをいう。

第2棟液体廃棄物のうち分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液は、放射能濃度基準によって以下の(a)又は(b)に分類する。また、設備管理廃液は、以下の(c)に分類する。

なお、第2棟液体廃棄物の α 核種濃度は、発電所内の他施設へ搬出することに評価を行う。

(a) β γ 核種の放射能濃度：37Bq/cm³以上のもの

(b) β γ 核種の放射能濃度：37Bq/cm³未満のもの

(c) β γ 核種の放射能濃度：0.37Bq/cm³未満のもの

(3) 第2棟液体廃棄物の保管・管理

第2棟液体廃棄物の保管・管理方法を以下に示す。また、第2棟液体廃棄物を一時的に保管する設備に対する考慮（使用材料）については、「別添 3-3 液体廃棄物一時貯留設備及び換気空調設備における適切な材料の使用について」に示す。

a. 分析廃液の保管・管理

分析廃液は、分析廃液が発生したセル等から、分析室内のフード No. 1 及び流し台並びに試薬調製室のフード及び流し台へ容器に入れて移送し、配管を通して地下 1 階に設置する耐火性の分析廃液受槽まで移送して一時的に貯留する。

なお、分析廃液受槽までは重力流により移送することから、分析廃液が逆流するおそれはない。廃液中に硝酸等が含まれる場合があることから、分析廃液受槽、主要配管、ポンプのシャフト等については、主に硝酸に対する耐食性に優れた SUS316L 及び SUS316LTP を使用する。セル等内の硝酸の使用量は少ないためステンレス製バット等、耐食性を考慮した材料の受け皿等の上で使用する。

分析廃液の搬出にあたっては、分析廃液受槽からサンプリングを行い、放射能濃度を評価し、異常が無いことを確認する。その後、分析廃液移送ポンプを用いて分析廃液受槽からローディングドック内に設置する接続ボックスまで分析廃液を移送し、接続ボックスからタンクローリに積み込み、発電所内の他施設まで搬出する。

b. 塩酸含有廃液の保管・管理

塩酸含有廃液は、第2棟1階に設置するグローブボックス No. 1 及び試薬調製室のフードから、容器に入れて SUS304 製の塩酸含有廃液保管ラックまで移送して一時的に貯留する。塩酸含有廃液の搬出にあたっては、塩酸含有廃液保管ラックにて廃液のサンプリングを行い、放射能濃度を評価し、異常が無いことを確認した上で、専用容器で発電所内の他施設へ運搬する。

なお、容器は塩酸に対する耐食性を考慮してポリエチレン容器等を使用する。

c. 有機廃液の保管・管理

有機廃液は、フード No. 2 又は α ・ γ 測定室内の液体シンチレーションカウンタから容器に入れて有機廃液保管ラックまで移送して一時的に貯留する。有機廃液の搬出にあたっては、有機廃液のサンプリングを行い、放射能濃度を評価し、異常が無いことを確認した上で、容器等で発電所内の他施設に運搬する。

なお、容器は有機廃液に対する耐食性を考慮してポリエチレン容器等を使用する。

d. 設備管理廃液の保管・管理

設備管理廃液は、第2棟2階の汚染検査室の手洗い又はシャワー設備、1階のローディングドックの床ドレン並びに地下1階の換気空調設備室の排気口釜場から配管を通して地下1階に設置する設備管理廃液受槽へ移送し、一時的に貯留する。2階及び1階の各設備から設備管理廃液受槽までは重力流により移送し、地下1階の換気空調設備室の排気口釜場から設備管理廃液受槽まではポンプにより移送することから、設備管理廃液が逆流するおそれはない。

設備管理廃液の搬出にあたっては、設備管理廃液受槽からサンプリングを行い、放射能濃度を評価し、異常が無いことを確認した上で、設備管理廃液を設備管理廃液受槽から設備管理廃液移送ポンプによりローディングドック内に設置する接続ボックスまで移送し、当該接続ボックスからタンクローリに積み込み、発電所内の他施設まで搬出する。

(4) 第2棟液体廃棄物の処理

β γ 核種の放射能濃度 $37\text{Bq}/\text{cm}^3$ 以上又は α 核種を含む第2棟液体廃棄物は、コンクリートセル No. 4 及びグローブボックス No. 1 にて固化処理を行い、高線量の第2棟固体廃棄物として一時的に保管・管理後に発電所内の他施設に払い出す。

搬出先の受入状況により、 β γ 核種の放射能濃度 $37\text{Bq}/\text{cm}^3$ 以上の第2棟液体廃棄物を水で希釈して $37\text{Bq}/\text{cm}^3$ 未満にした上でポリエチレン容器に入れ、漏えい対策を施し、塩酸含有廃液保管ラックにて一時的に保管する。搬出方法については、搬出先の受入状況により、搬出、移送に係る安全対策等を含めて搬出先と協議の上、決定する。

なお、廃液の α 核種に係る濃度区分については、搬出先の受入基準によるため、第2棟液体廃棄物として処理することに決定する。

固化処理は、コンクリートセル No. 4 及びグローブボックス No. 1 内に設置したステンレス製のバット等の中で、当該液体廃棄物が入った容器（ポリエチレン容器等）に固化剤（セメント材又は石膏材）を加え、攪拌棒等で混練し数日静置する。固化処理は、ステンレス製のバット等の中で実施することにより、第2棟液体廃棄物が設備内に漏れ又はこぼれにくくするとともに、容器、受け皿等は、硝酸等による腐食がしにくい材料を用いた設計とする。混練時には液体と固化剤との水和熱が発生するため、適宜温度を温度計で確認しながら作業を行う。固化剤は酸性の液体と反応し、ガスを発生させるおそれがあるため、当該液体廃棄物の液性が中性であることを確認した後、固化処理を行う。

固化剤は、セル等の外で調製したのち、容器（ポリエチレン容器等）に入れた状態でコンクリートセル No. 4 又はグローブボックス No. 1 に搬入するため、粉じんが飛散することはない。

(5) 第2棟液体廃棄物の閉じ込め

第2棟液体廃棄物を保管・管理するための設備は、限定された区画に放射性物質を適切に閉じ込めることにより漏えいを防止する設計とする。塩酸含有廃液及び有機廃液を保管ラックへ移送する際は、廃液を密閉容器に入れて移送することにより漏えいを防止する設計とする。万一、放射性物質が漏えいした場合に備え、その漏えいを検知する機能を設けるとともに、その拡大を防止する設計とする。

なお、漏えい防止能力の評価詳細については「別添 3-2 施設外への漏えい防止能力について」に示す。

a. 受槽の液位監視及び漏えい検知

受槽の液位監視、漏えい検知及び液体廃棄物一時貯留設備に関する警報については、「別添 3-4 液体廃棄物一時貯留設備に関する警報について」に示す。

b. 漏えいの拡大防止

液体廃棄物一時貯留設備において、第 2 棟液体廃棄物を一時的に保管する分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽並びに塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、漏えい拡大防止のための堰内に設置する。堰は、堰内に設置するそれぞれの受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。また、床面及び堰の高さ以上までの壁面はエポキシ樹脂を使用して塗装することにより耐水性を確保する。さらに、移送配管とタンクローリを接続するボックス（接続ボックス）には、受けを設置し、漏えい対策を講じる。

なお、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックには、それぞれのラック内に受け皿を設置し、その上にポリエチレン容器等を収納して保管することとし、塩酸含有廃液及び有機廃液がラック外へ漏えいすることを防止する。

c. 第 2 棟液体廃棄物の漏えい時の回収・処理等

万一、第 2 棟液体廃棄物が漏えいした場合には、警報により漏えいを検知し、紙ウエス等により速やかに回収・処理を行う。地震等により大量の廃液が漏えいした場合は、廃液回収ポンプ等にて回収・処理等を行う。また、第 2 棟内の壁、床、その他の核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分は、平滑であり、突起物、くぼみ、仕上材の目地等が少ない構造として、その表面は液体が浸透しにくく、腐食しにくい材料で仕上げることにし、液体廃棄物一時貯留室の堰内及び管理区域内の床はエポキシ樹脂を塗装、管理区域内の壁は 2m の高さまで塩化ビニールを塗装する。

塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラック内の受け皿については、漏えいが無いことを確認するため、定期的な巡視を行う。

(6) 第 2 棟液体廃棄物に対する遮へい

液体廃棄物一時貯留室と隣接する部屋間の壁は、線量率区分に基づき、適切な遮へいとなるよう壁厚を確保する。また、第 2 棟液体廃棄物による敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため、液体廃棄物一時貯留室は地下 1 階に設置する。

なお、保管ラックへ移送する塩酸含有廃液及び有機廃液は、 β γ 核種の放射能濃度が 37Bq/cm³ 未満であるため、容器に対する遮へい対策は考慮しない。

(7) 第 2 棟液体廃棄物の放射線管理

第 2 棟内の汚染管理、漏えい検知等を行うために、液体廃棄物一時貯留室等に放射線を監視する設備を設置する。

放射線監視室では、放射線管理員が主要な箇所に設置されるモニタリング設備で日中（放射線作業中）の放射線レベル、放射能レベル等を集中監視するため、警報だけではなく注意報や線量率のトレンドも含めて放射線の監視を行う。日中（放射線作業中）に警報が吹鳴した場合は、放射線管理員が速やかに対応する。

制御室では、常駐する運転員が換気空調設備の運転状況と併せてエリアモニタ、排気口モニタ、ダスト

モニタの緊急の対応を要する代表警報の監視を行う。日中（放射線作業中）以外で警報が吹鳴した場合は、運転員が放射線管理員に連絡を行う。

第2棟では、第2棟液体廃棄物を直接廃棄することではなく、第2棟液体廃棄物に含まれる放射性物質濃度及び線量の監視、測定等を行い計画的に発電所内の他施設へ搬出する。そのため、周辺監視区域周辺については、発電所全体として「発電用軽水炉型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」（昭和53年9月29日）、「発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針」（昭和56年7月23日）等を参考にしつつ、環境試料の監視、測定等を行う。

(8) 第2棟液体廃棄物のその他の管理に関する事項

第2棟液体廃棄物は、火災防護として金属製の受槽及び保管ラックに一時的に保管する。

第2棟液体廃棄物を一時的に保管する液体廃棄物一時貯留室は、外部と区画し、人がみだりに立ち入らないよう壁、柵、その他の区画物を設けることにより立入制限の措置を講ずる。

(9) 第2棟液体廃棄物発生量及び放射性物質濃度の低減

第2棟では、分析・試験に使用する試薬をセル等外で調製し、必要最小限の液体のみをセル等の内部に搬入して使用することにより、第2棟液体廃棄物の発生量を抑制する。また、セル等の除染作業においては、濡れウエス等をセル等外で準備して搬入し、使用済みのウエス等は第2棟固体廃棄物とすることで、可能な限り第2棟液体廃棄物を発生させない対策を講ずる。

(10) 第2棟液体廃棄物の搬出先

第2棟液体廃棄物は、計画的に発電所内の他施設へ搬出する。容器等による搬出の場合は、各液体廃棄物を入れた容器を密閉するといった閉じ込め対策を講ずる。また、これら以外の方法による搬出を行う場合であっても、漏えい防止、汚染拡大防止、被ばく対策等を講じた上で搬出する。

なお、廃液の α 核種に係る濃度区分については、搬出先の受入基準によるため、第2棟液体廃棄物として処理することと決定する。

1.4 放射性気体廃棄物の処理・管理

(1) 第2棟気体廃棄物を処理・管理するための施設の構造及び設備

第2棟気体廃棄物を処理・管理するための施設は、第2棟2階及び地下1階に設置する換気空調設備室で構成され、換気空調設備室には、換気空調設備を設置する。

なお、換気空調設備に対する考慮（使用材料）については、「別添3-3 液体廃棄物一時貯留設備及び換気空調設備における適切な材料の使用について」に示す。

第2棟気体廃棄物については、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等の排気に含まれる放射性物質を高性能フィルタにより十分低い濃度になるまで除去した後、第2棟の排気口から放出する設計とする。

なお、セル等の給気側に設置するコンクリートセル用給気フィルタユニット、鉄セル用給気フィルタユニット及びグローブボックス用給気フィルタユニットについては、排風機停止等に伴う排気中の放射性物質の漏えいを考慮し、高性能フィルタを設置する。また、薬品を使用するセル等及びフードについて

は、湿式スクラバー機能を有している。スクラバーの廃液については、固化処理又は分析廃液受槽へ移送し、管理する。

(2) 第2棟気体廃棄物の処理・管理

燃料デブリ等を取り扱うコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等から発生する第2棟気体廃棄物については、それぞれ高性能フィルタを有するセル・グローブボックス用排気フィルタユニット及びフード用排気フィルタユニットを介して放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、換気空調設備であるセル・グローブボックス用排風機及びフード用排風機で排気を行い、第2棟の排気口から大気放出する。薬品を使用するセル等及びフードについては、スクラバー機能を有しており、薬品を十分低い濃度になるまで除去した後、第2棟の排気口から大気放出する。スクラバーの廃液については、固化処理又は分析廃液受槽へ移送し、管理する。また、管理区域の給排気については、管理区域用の送風機及び排風機で行う。管理区域から発生する第2棟気体廃棄物は、管理区域用排気フィルタユニットを介して放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、管理区域用排風機で排気を行い、第2棟の排気口から大気放出する。

排気口においては、放射線管理設備であるモニタリング設備（排気口 α/β 線ダストモニタ（試料放射能測定装置）及び排気口ガスモニタ）により排気中の放射性物質濃度の放出監視（連続測定による常時監視及び所定期間における放射性物質平均濃度の評価）を行い、排気口から放出される第2棟気体廃棄物の放射能濃度が「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」（平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号）に定める濃度限度を下回ることを確認する。

放出監視を行うモニタリング設備は、故障又はメンテナンスを考慮して2式(2チャンネル)設置する。また、発電所全体として、放射線監視装置の設置等により周辺監視区域境界等における空間放射線量率等の監視を行う。

(3) 第2棟気体廃棄物の閉じ込め

第2棟気体廃棄物を処理・管理するための設備は、放射性物質を限定された区画に適切に閉じ込めることにより漏えいを防止する設計とする。万一、放射性物質が漏えいした場合に備え、漏えい拡大を防止するために、漏えいを検知する機能を設けるとともに、その拡大を防止する。

セル等は、換気空調設備にて内部を負圧に維持し、他の管理区域（サービスエリア、分析室等）よりも圧力を低くするとともに、送排風機の起動時は、汚染度の高い系統から起動するようインターロックを設定することで逆流を防止し、放射性物質を閉じ込める設計とする。万一、負圧維持ができない場合は、セル等の構造（給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタを含む。）で漏えいを防止し、放射性物質を閉じ込める設計とする。

セル等の負圧維持を行う換気空調設備は、故障又はメンテナンスを考慮して2式設置するとともに、2系統の電源から受電する。万一、外部電源が喪失した場合でも負圧が維持できるように、非常用電源設備を設置する。

なお、セル等での放射性物質の閉じ込めに関する設計上の考慮及び評価についての詳細は「別添 3-1 セル等の放射性物質の閉じ込めについて」に示す。

a. 閉じ込めに関する考え方

(a) 通常運転時

換気空調設備にてセル等の内部を負圧に維持することにより、放射性物質を閉じ込める。

(b) 外部電源喪失時

第2棟に給電する外部電源は、大熊線3号、4号及び東電原子力線から給電する設計としている。通常、福島第一原子力発電所は、大熊線3号及び4号から給電しており、片方が停電しても、もう片方からの電源供給が継続される設計としているため、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。また、大熊線3号及び4号が両方電源喪失した場合は、東電原子力線への切替を手動で行う計画としている。外部電源喪失時は、第2棟の受変電設備にて低電圧を検知し、第2棟の非常用電源設備が自動起動して第2棟の主要な負荷に給電する設計とするため、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。

(c) 火災発生時

火災発生時の窒素ガス消火設備による消火時においても、セル等を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。

なお、セル等から排気フィルタまでの距離が約20m離れていることから、排気フィルタに炎が到達することはない。仮に排気フィルタまで炎が到達したとしても、排気フィルタは難燃材料のろ材、不燃材料のケーシングで構成されているため、フィルタに延焼して損傷するおそれはない。

(d) 負圧維持に必要な設備の機能喪失時（全電源喪失時等）

負圧維持に必要な設備（セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、管理区域用送排風機及び電源）の機能喪失時においては、給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を閉じ込める。その際、フィルタから放出される放射性物質による公衆への被ばく影響は、鉄セルで $8.8 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ 、グローブボックスで $8.8 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}$ であり、「発電用軽水型原子炉施設周辺の線量目標値に関する指針」（平成13年3月29日）（以下「線量目標値に関する指針」という。）における周辺監視境界外の線量目標値である $50 \mu\text{Sv}$ に比べ十分に小さい。さらに、フィルタからの放射性物質の放出を低減するために、コンクリートセルは直近に設置した自動弁にて閉止し、鉄セル及びグローブボックスは手動弁にて閉止できる設計とする。

(e) 負圧維持に必要な設備の機能喪失時（全電源喪失時等）＋火災発生時

負圧維持に必要な設備の機能喪失後に火災が発生した場合は、給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を閉じ込める。その際、フィルタから放出される放射性物質による公衆への被ばく影響は、鉄セルで $1.1 \mu\text{Sv}$ 、グローブボックスで $1.1 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ であり、「線量目標値に関する指針」における周辺監視境界外の線量目標値である $50 \mu\text{Sv}$ に比べ十分に小さい。さらに、フィルタからの放射性物質の放出を低減するために、セル等の直近の給排気配管に弁を設置し、閉止できる設計とする。

なお、セル等で火災が発生した場合は、仮に給排気フィルタまで炎が到達したとしても、フィルタは難燃材料のろ材、不燃材料のケーシングで構成されているため、フィルタに延焼して損傷するおそれはない。また、給排気弁は金属製であることから延焼のおそれはない。

b. マニュアルの整備

給排気弁の開閉操作については、火災による内圧の上昇の可能性も考慮してマニュアル化する。

c. 漏えい検知のための措置

第 2 棟内には、第 2 棟気体廃棄物を含む気体状の放射性物質の漏えいを速やかに検知するために、管理区域内にダストモニタ等の放射線管理設備を設置して放射線監視室又は制御室において常時監視し、警報発報等の異常が発生した場合には運転員が速やかに拡大防止措置等の適切な対策を講ずる。

なお、放射線監視室では、放射線管理員が主要な箇所に設置されるモニタリング設備で日中（放射線作業中）の放射線レベル、放射能レベル等を集中監視するため、警報だけではなく注意報や線量率のトレンドも含めて放射線の監視を行う。日中（放射線作業中）に警報が吹鳴した場合は、放射線管理員が速やかに対応する。

制御室では、常駐する運転員が換気空調設備の運転状況と併せてエリアモニタ、排気口モニタ、ダストモニタの緊急の対応を要する代表警報の監視を行う。日中（放射線作業中）以外で警報が吹鳴した場合は、運転員が放射線管理員に連絡を行う。

d. 漏えい拡大防止

エリア区分を設け、線量区分が同じ部屋間には移送ダクトによる気流にて汚染の少ない部屋から多い部屋へ気流を流し、線量区分の異なる部屋間には逆流防止ダンパを設け、漏えい拡大防止を図る。

(4) 第 2 棟気体廃棄物の監視及び測定

第 2 棟の排気口における排気中の放射性物質濃度の放出監視を行うために、換気空調設備室等に放射線等を測定する排気口 α/β 線ダストモニタ（試料放射能測定装置）及び排気口ガスモニタを設置し、制御室及び放射線監視室にて監視する。排気口 α/β 線ダストモニタの集塵用ろ紙には HE-40T を用い、1 週間に 1 回の交換及び測定を行い、排気中の放射性物質濃度が「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」（平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号）に基づく濃度限度を下回ることを確認する。また、周辺監視区域周辺については、発電所全体として「発電用軽水型原子炉施設における放出放射性物質の測定に関する指針」（平成 2 年 8 月 30 日）、「発電用軽水型原子炉施設における事故時の放射線計測に関する審査指針」（昭和 56 年 7 月 23 日）等を参考に、放射性物質の濃度、線量の監視、測定等を行う。

(5) 第 2 棟気体廃棄物のその他管理に関する事項

a. セル等内部の圧力等の維持・管理

負圧維持が必要なセル等内部の圧力は、セル等に圧力計を設置し、設置場所及び制御室において監視する。また、定期的にフィルタの差圧を確認し、差圧状況を踏まえてフィルタ交換等を行うことにより、当該フィルタの機能及びセル等内部の圧力を維持・管理する。排気フィルタユニットのフィルタ交換は、閉じ込め機能に影響を与えないよう、負圧を維持し、換気空調設備を予備機に切り替えて実施する。

なお、各高性能フィルタは、基準粒子径 $0.15\mu\text{m}$ に対して粒子捕集率 99.97% 以上の「放射性エアロゾル用高性能エアフィルタ（JIS Z 4812）」を用いた設計としている。

b. コンクリートセル内で発生する粉末等による給排気機能及びフィルタ機能への影響

第 2 棟では燃料デブリ等の切断、粉碎等の試料調製を行う。その際、試料調製に用いる機器（切断機、研磨機、粉碎機（スタンプミル））に飛散防止カバーを設置することによりコンクリートセル内への拡

散を防止するとともに、試料調製に伴い発生する粉末等（以下「切断粉等」という。）を発生の都度、金属容器に収納する。このため、大量の切断粉等が給排気系統に流入することはない。フィルタ機能に影響が生じ得る粉塵の量としては、煤の場合、200g で圧力損失が初期の 2 倍を示す*。また、切断、粉碎等の試料調製を行うコンクリートセル No. 4 については、切断粉等による放射性物質のコンクリートセル内の空気中への移行を考慮して、高性能フィルタのフィルタユニットを 1 段多く設置する。

* : TECHNICAL REPORTS SERIES No. 325 IAEA, VIENNA, (1991) p. 32 FIG. 18

c. コンクリートセル内での火災発生時のフィルタ機能への影響

コンクリートセル内では、可燃物として紙ウエス、ポリエチレン容器を使用するが、必要の都度、必要最小限のものを搬入して使用するとともに、使用しない場合は金属容器に収納する等、火災発生の要因を極力排除する措置を講ずる。これらの可燃物がコンクリートセル内で燃焼した場合においても、高性能フィルタが破損することはなく、コンクリートセル内の負圧に影響を及ぼすことはない。

d. 排気配管等の腐食に対する考慮

鉄セル及びグローブボックスの内部では、塩酸を使用した化学処理を実施する。塩酸は、ステンレス製の鉄セル、グローブボックスの内壁及び排気配管を腐食させるため、塩酸の取り扱いは、バット上での少量の取扱いに限定する。塩酸試薬を加熱する際は、排ガス中和装置を備えた難燃性の簡易フードを設置し、加熱中の塩酸の取扱いは簡易フード内のバット上で少量取り扱うように限定することで、腐食の影響を極力低減する。

塩酸試薬を室温で取り扱う場合及び塩酸試薬を簡易フード内で蒸発乾固した場合のいずれにおいても、腐食速度は極めて遅く、鉄セル、グローブボックスの主要材料である SUS304 等の構造強度に影響を及ぼすことはない。

なお、セル等においては塩酸をはじめ硝酸も使用する計画であるが、コンクリートセルのライニング、鉄セル及びグローブボックスの主要構造材である SUS304 は、硝酸に対し強い耐食性を有するため、影響を及ぼすことはない。また、セル等において、塩酸をはじめ硝酸等の酸を加熱して使用する際には、同様に排ガス中和装置を備えた難燃性の簡易フードを使用する。

1.5 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

(1) 直接線及びスカイシャイン線の敷地境界線量

第 2 棟で取り扱う燃料デブリ等の線源による放射線について、コンクリート等の壁・天井による遮へいを行い、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) 放射性物質の放出に伴う濃度及び実効線量

換気空調設備については、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等からの排気に含まれる放射性物質を高性能フィルタにより、十分低い濃度になるまで除去した後、第 2 棟の排気口から放出することにより、放出された放射性物質の濃度をできる限り低減する設計とする。また、排気口から放出される放射性物質による敷地境界外の実効線量は、十分小さくなるようにする。

(3) 敷地境界における実効線量

第 2 棟の設置後において、その寄与分を考慮しても敷地内に保管されている平成 23 年 3 月 11 日に起

きた東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故以降に発生した瓦礫や汚染水による敷地境界における実効線量は 1mSv/年未満となる。

(4) 計算条件と評価結果

第2棟からの直接線及びスカイシャイン線については、燃料デブリ等として発電所1号機～3号機で燃焼した燃料を想定し、線量評価上最も厳しい条件となるように、燃焼度を 60GWd/t、原子炉停止から 12 年経過したときの線源（線源の設定については参考資料 3-5-1 を参照）を、各取扱場所で最大取扱量を使用した際の放射能強度を核種生成減衰計算コード ORIGEN2 により求め、3 次元モンテカルロ計算コード MCNP により敷地境界における実効線量を評価した。

放射能強度：表-1 参照

遮へい：建屋天井及び壁 コンクリート 厚さ XXXXXXXXXX，密度 約 2.1g/cm³
鉄セル 鉄 厚さ 約 160mm～約 300mm，密度 約 7.8g/cm³

線源の形状：直方体，円柱，点

第2棟からの敷地境界での最大地点の線量を計算した結果、約 4μSv/年（3.45μSv/年）となり、各施設からの影響を考慮すると約 0.54mSv/年となる。また、第2棟から最も近い敷地境界地点の線量を計算した結果、約 2μSv/年となり、各施設からの影響を考慮すると約 0.14mSv/年となる。

なお、発電所敷地境界においては、最大地点の線量は約 0.2μSv/年となり、各施設からの影響を考慮すると約 0.55mSv/年である。

表-1 評価対象核種及び放射能強度

核種	放射能強度 (Bq)					
	コンクリートセル	試料ピット	鉄セル	分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室	固体廃棄物 払出準備室	液体廃棄物 一時貯留室
^{137}Cs ($^{137\text{m}}\text{Ba}$)	5.2×10^{13}	1.4×10^{15}	1.0×10^{11}	1.0×10^7	1.0×10^{10}	1.1×10^8
^{241}Pu	2.7×10^{13}	7.3×10^{14}	5.4×10^{10}	5.4×10^6	5.4×10^9	5.6×10^7
^{90}Sr (^{90}Y)	2.5×10^{13}	6.7×10^{14}	5.0×10^{10}	5.0×10^6	5.0×10^9	5.1×10^7
^{244}Cm	5.4×10^{12}	1.5×10^{14}	1.1×10^{10}	1.1×10^6	1.1×10^9	1.1×10^7
^{238}Pu	1.5×10^{12}	4.1×10^{13}	3.0×10^9	3.0×10^5	3.0×10^8	3.1×10^6
^{134}Cs	1.4×10^{12}	3.9×10^{13}	2.9×10^9	2.9×10^5	2.9×10^8	3.0×10^6
^{147}Pm	1.2×10^{12}	3.2×10^{13}	2.3×10^9	2.3×10^5	2.3×10^8	2.4×10^6
^{154}Eu	9.2×10^{11}	2.5×10^{13}	1.8×10^9	1.8×10^5	1.8×10^8	1.9×10^6
^{241}Am	7.6×10^{11}	2.0×10^{13}	1.5×10^9	1.5×10^5	1.5×10^8	1.6×10^6
^{155}Eu	2.7×10^{11}	7.2×10^{12}	5.3×10^8	5.3×10^4	5.3×10^7	5.5×10^5
^{125}Sb ($^{125\text{m}}\text{Te}$)	1.8×10^{11}	4.9×10^{12}	3.6×10^8	3.6×10^4	3.6×10^7	3.7×10^5
^{240}Pu	1.2×10^{11}	3.2×10^{12}	2.4×10^8	2.4×10^4	2.4×10^7	2.4×10^5
^{106}Ru (^{106}Rh)	1.1×10^{11}	2.9×10^{12}	2.1×10^8	2.1×10^4	2.1×10^7	2.2×10^5
^3H	1.0×10^{11}	2.8×10^{12}	2.1×10^8	2.1×10^4	2.1×10^7	2.1×10^5
^{239}Pu	7.7×10^{10}	2.1×10^{12}	1.5×10^8	1.5×10^4	1.5×10^7	1.6×10^5
^{151}Sm	7.6×10^{10}	2.1×10^{12}	1.5×10^8	1.5×10^4	1.5×10^7	1.6×10^5
合計	1.2×10^{14}	3.1×10^{15}	2.3×10^{11}	2.3×10^7	2.3×10^{10}	2.4×10^8

1.6 作業者の被ばく線量の管理等

第2棟は、作業内容に応じて建屋内を区分し、区分ごとに外部放射線に係る設計基準線量率を設定する。放射線業務従事者等の立入場所における被ばく線量及び作業における被ばく線量を達成できる限り低減できるように、遮へい、機器の配置、放射性物質の漏えい防止、換気等の所要の放射線防護上の措置を講じた設計とする。遮へい設計評価の詳細と熱除去に関する評価を「別添 3-5 遮へいについて」に示す。

1.7 緊急時対策

(1) 安全避難経路の設定

第2棟の建屋には、分析・試験、定期的な放射線測定、建物及び建屋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、建築基準法施行令及び建設省告示並びに消防法及び消防法施行令に基づき安全避難通路を設定する。

なお、第2棟の建屋は階段を含め耐火構造であるため、火災時においても避難経路として使用できる。

(2) 火災検知器、消火設備及び防火区画の設置

第2棟に設置する火災検知器は、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検知器の形式（熱・煙）を選定する。

a. 検知器の形式

設置する検知器の形式は、消防法施行規則に従い選定する。火災の早期発見を目的に、火災初期に発生する煙を検出する煙検知器を主に選定する。また、煙検知器を設置した場合に誤検知のおそれのある高湿度、塵埃が多いと想定される室については熱検知器を選定する。

b. 検知器の配置

検知器の配置は、消防法施行規則に従い設置場所の凹凸の有無や深さ、風の出る機器、ダクト等の吹き出し近傍を避けて、検知器の配置調整を行う。

検知器の形式や配置は、所轄消防の確認を受けた上で計画する。ただし、機器等の配置が変更になった場合には、再度配置の調整を行い、所轄消防の確認を受ける。

消火設備は、屋内消火栓及び消火器で構成する。屋内消火栓は、各階に半径25mの範囲に放水できるよう配置し、消火器は歩行距離20mの範囲内となるように配置する。

第2棟の建屋においては、建築基準法及び関係法令に基づき防火区画を設置し、消防設備と組み合わせることにより、火災の影響を軽減する。

(3) 非常用照明及び誘導灯の設置

第2棟には、分析・試験、定期的な放射線測定、建物及び建屋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、建築基準法施行令及び建設省告示に基づく非常用照明並びに消防法及び消防法施行令に基づく誘導灯を設置する。また、地下1階の換気空調設備室(2)に設置する非常照明は、北東側階段から消火ポンプ操作面までの照度を確保するために、非常用照明を一箇所設置する。

なお、北東側階段及び南西側階段には、階段通路誘導灯が設置されるため、階段の照明は確保される。

無停電電源設備から給電している一部の部屋（制御室及び電気設備室(1)）は、無停電電源設備の動作時間（10分）点灯し照度を確保する。

無停電電源設備から給電していない非常用照明は、外部電源喪失に伴い自動的に非常用照明に内蔵された蓄電池からの給電に切り替わり30分間点灯し照度を確保する。無停電電源設備から給電している非常用照明は、無停電電源設備からの給電のため消灯状態を維持する。

なお、無停電電源設備からの供給が無くなった後は、非常用照明に内蔵された蓄電池からの給電に切り替わり30分間照度を確保する。

無停電電源設備から給電していない誘導灯は、外部電源喪失に伴い自動的に誘導灯に内蔵された蓄電池からの給電に切り替わり20分間点灯し誘導を継続する。無停電電源設備から給電している誘導灯は、無停電電源設備からの供給が無くなった後に、誘導灯に内蔵された蓄電池からの給電に切り替わり20分間点灯を継続する。

なお、非常用照明及び誘導灯と接続している無停電電源設備は、非常用電源設備と接続されている。

(4) 緊急時の資機材の整備

第2棟の緊急時の資機材として担架、除染用具、サーバイメータ、タイベック、アノラック、全面マス

ク等を設置する。

緊急時の資機材は、定期的に点検を行い、常時使用可能な状態を維持する。

万一、臨界が発生した際に使用する資機材については、「別添 3-6 臨界防止について」に記載する。

(5) 警報及び通信連絡設備の整備

a. 警報（火災、放射線関係）

- ・ 火災検知時は、常時人のいる制御室の受信機が吹鳴するとともに、免震重要棟に代表警報を発報する。
- ・ γ線エリアモニタ、中性子線エリアモニタ、室内ダストモニタによって、室内の空間線量率又は空気中の放射性物質濃度の監視を行い、空間線量率又は空気中の放射性物質濃度が基準値を超える場合は警報を発報する。
- ・ 第2棟は、保守的な条件下においても臨界に達することはないが、万一、臨界が発生した場合には、コンクリートセル近傍に設置されるγ線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタによって臨界に伴う線量率の上昇を検知し、警報を発報する。

b. 通信連絡設備

第2棟は、以下に示す通信連絡設備を整備することで、多重性と多様性を確保する。

なお、特定原子力施設内の全ての人に対する指示が必要な場合には免震重要棟（緊急時対策所）を介して行う。

(a) 第2棟内の人に対する通信連絡設備

第2棟内の人に対する通信連絡設備は、以下のとおりとする。

- ・ 放送設備
- ・ ページング
- ・ 電気通信事業者の有線電話（固定電話）

(b) 第2棟と免震重要棟（緊急時対策所）及び関係各所（構外）への通信連絡設備

免震重要棟（緊急時対策所）及び関係各所（構外）へ連絡を可能とする設備は、以下のとおりとする。

- ・ 電気通信事業者の有線電話（固定電話）
- ・ 携帯電話
- ・ 衛星電話
- ・ ファクシミリ装置
- ・ 電気通信事業者の光回線（LAN 回線）

(c) 第2棟と免震重要棟（緊急時対策所）の専用連絡手段

第2棟から免震重要棟（緊急時対策所）へと繋がる専用の連絡設備は、以下のとおりとする。また、免震重要棟（緊急時対策所）から第2棟に対しても、同設備を用いて連絡する。

- ・ ホットライン（専用電話）
- ・ 東電 HD-日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。）用の光回線（専用 LAN）

c. 通信回線の所掌区分

新事務本館から所内共通 M/C7 電気品室北側の管路までは、東電 HD の所掌とする。電気通信事業者に接続する有線電話又は光回線は、JAEA の所掌とする。

なお、東電 HD-JAEA 用の光回線は、所内共通 M/C7 電気品室の端子盤から免震重要棟側までを東電 HD の所掌とし、端子盤から第 2 棟までを JAEA の所掌とする。

d. 第 2 棟管理体制

「Ⅲ 5.1 放射性物質分析・研究施設における保安管理体制及び保安管理について」に基づき、保安体制を確保する。また、緊急事態発生時の役割分担は下記のとおりとする。

(a) 連絡通報体制

第 2 棟に係る連絡通報体制は、第 1 棟連絡通報体制を基に運用開始前までに定める。

(b) 緊急事態発生時の役割分担

第 2 棟に係る緊急事態発生時の役割分担は、第 1 棟役割分担を基に運用開始前までに定める。

なお、発電所構内への指示については、東電 HD から行う。

(c) 第 2 棟火災時の対応

第 2 棟の火災時の対応は、第 1 棟における連絡通報体制を基に運用開始前までに定める。

なお、JAEA にて防火衣、防火帽、防火用長靴、防火手袋、タイベックスーツ、半面マスク、全面マスク、空気呼吸器等の装備を準備する（東電 HD 初期消火要員と同等の装備を JAEA にて準備する。）。

(d) 統括管理

第 2 棟に係る保安管理は、東電 HD の統括管理のもと JAEA が実施し、保安管理上の懸念があった際は、東電 HD が JAEA に対し、設備運用停止やその改善を指示する。

通常時対応：JAEA は東電 HD から通知された実施計画を遵守するために必要な要求事項について、要求を満足するために具体的な管理手順を定め保安管理を実施する。東電 HD は定期的に JAEA の保安活動について、管理手順や運用状況を確認及び監視する。

緊急時対応：施設は JAEA 所有のため、現場の対応については JAEA が責任を持って処置をする。

事後対応：施設は JAEA 所有のため、原因分析等については JAEA が責任を持って対応をする。

東電 HD においては、報告を受け必要に応じて指示・指導を行い、発電所の他施設と同様に不適合処理を実施する。

(6) 外部電源喪失時の通信手段・作業環境確保

第 2 棟のページングは、第 2 棟内の必要箇所と連絡手段を確保するため、非常用電源設備（屋外ディーゼル発電機）から給電可能とする。また、夜間における復旧作業に緊急性を要する範囲の照明については、非常用電源設備から給電可能とする。

(7) 外部電源喪失時のクレーン等の動力

クレーン又はホイスト式ハッチの動力供給が停止した場合においても、吊荷を保持した状態は維持される設計とする。

1.8 準拠規格及び規準

第 2 棟の構築物、系統及び機器は、以下の規格及び基準を考慮して、設計、材料の選定、製作及び検査

を実施する。

- ・ 第2棟の建屋は「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 平成25年8月）に従った設計・材料の選定、製作及び検査とする。
- ・ 第2棟の設備（機器、配管等）の構造強度は、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC-1」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）等の製品規格に従った設計・材料の選定・製作・検査とする。
- ・ 第2棟を構成する設備（機器、配管等）のうち、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」に基づき、クラス3及びクラス4に位置付けられる機器、配管等については、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC-1」を適用して設計・材料の選定、製作及び検査を行う。クラス3及びクラス4に該当しない機器、配管等については、必要に応じて日本産業規格（JIS）等の製品規格を適用した設計・材料の選定・製作・検査とする。
- ・ 第2棟の建屋及び設備の耐震性を評価するにあたっては、「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」（令和4年11月16日原子力規制委員会了承，令和5年6月19日一部改訂）を適用する。

1.9 自然現象に対する設計上の考慮

防護すべき施設として、「安全性が損なわれた場合に公衆に対して過度な放射線被ばくを及ぼすおそれのある施設」を防護対象として定める。第2棟では「コンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピット」が該当し、それら施設の安全性が損なわれない設計とする。

(1) 地震に対する設計上の考慮

第2棟の建屋及び設備の耐震設計は、「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（令和4年11月16日原子力規制委員会了承，令和5年6月19日一部改訂）」に基づき、クラス別分類を行い、当該クラスに適用される設計用地震力に対して十分耐えられる設計とする。

なお、評価の詳細は「添付資料－4 別添4－1 耐震クラスの設定について」、「添付資料－4 別添4－2 建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果」、「添付資料－4 別添4－3 設備の構造強度に関する検討結果」及び「添付資料－4 別添4－4 設備の耐震性に関する検討結果」に示す。

(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

第2棟は、地震以外に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。

防護対象であるコンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットは、想定される自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件又は自然力に事故荷重を適切に組み合わせた場合を考慮した設計とする。具体的には、それら設備は事故荷重を受けるものではなく、また個々の自然現象の発生頻度や荷重の継続時間を考慮すると異なる自然現象を組み合わせる必要もないことから、それぞれの自然現象のうち最も苛酷と考えられる条件を考慮した設計とする。

a. 津波

第2棟は、津波が到達しないと考えられる T.P. +約 40m に建設し、検討用津波（T.P. +22.6m）での遡

上評価でも津波は到達しない。

b. 豪雨

第2棟は、森林法における林地開発許可制度の排水施設の設置基準に基づく小名浜30年確率降雨強度（継続時間10分）より、136.56mm/hを適切に排水できる設計とする。

c. 洪水

第2棟敷地周辺には、氾濫、決壊により施設に影響を及ぼすような河川、湖等はないため、洪水により施設の安全性は損なわれない。

d. 積雪

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法、関係法令及び福島県建築基準法施行細則に基づく積雪荷重（積雪量：30cm，単位荷重：20N/m²/cm）に耐えられる構造とする。

なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものとする。

e. 落雷

第2棟は、施設の安全性が損なわれないように、建築基準法、関係法令及び「建築物等の雷保護（JIS A 4201）」に基づき落雷防護のために避雷針等を設置する設計とする。

f. 台風（強風、高潮）

台風等暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力（基準風速：30m/s等から算出する圧力）に対して耐えられる構造とすることにより、強風（台風等）に対してその安全性が損なわれない設計とする。

なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとする。

第2棟は、T.P.+約40mの場所に設置することにより、高潮の影響は受けない設計とする。

g. 竜巻（飛来物含む。）

過去に発生した竜巻の最大風速に不確かさを考慮して100m/sと設定し、竜巻荷重、飛来物及び竜巻随伴事象に耐えられる設計とする。

h. 凍結

第2棟は、鉄筋コンクリート造であるため、凍結により建屋が損傷するおそれはない。また、屋外配管に対しては、保温材の設置等の対策を講ずることにより、凍結に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

i. 紫外線

第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

j. 高温

第2棟は、発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

k. 生物学的事象

小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔、電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とする。

l. 地滑り

第2棟は、斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とする。

m. 火山の影響

(a) 設計上の考慮

第2棟の建屋内に設置するコンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットの安全性が損なわれないよう、第2棟の建屋に降下火砕物（基準火砕物密度及び堆積量：1.5g/cm³，30cm）が降り積もったとしても建屋躯体に対して影響が生じない設計とする。また、コンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットの安全機能の維持・確保は、運転員の操作を要するものではないため、火山灰、火山性ガス等の影響により、制御室に運転員が滞在できない又はアクセスできなかったとしても、コンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットの安全性は損なわれない。

(b) 発生時の対応

火山の影響により、第2棟に火山灰が降下又は建屋内に侵入してきた場合は、降灰をシャベル、塵取り等を用いて除去する。火山灰により建屋の給気フィルタに閉塞、目詰まり、摩耗等が発生し、換気空調設備の運転に支障が生じた場合は、給気フィルタを交換し、換気空調設備が正常に運転できるよう対応する。

火山灰の降下により送電線が切断され、外部電源が喪失した場合でも、セル・グローブボックス用換気空調設備及び圧縮空気設備に非常用電源設備から給電できる設計である。また、電源喪失による負圧維持機能の停止又は火山灰による電気設備の絶縁性能の低下が生じたとしても、コンクリートセルの給排気弁は自動的に閉止し、鉄セル、グローブボックスは手動で弁閉止するため、構造による閉じ込め機能が維持される。

n. その他

(a) 外部火災

第2棟で想定される外部火災である森林火災、産業施設の火災・爆発及び航空機落下による火災の影響を評価し、それに耐えられる設計とする。

(b) 内部火災

第2棟は、火災に対して、「火災の発生防止」、「火災の検知と消火」及び「火災の影響軽減」の3方策を適切に組み合わせた措置を講ずる設計とする。

(c) 内部溢水

コンクリートセル及び試料ピットは、第2棟の1階に設置されており、コンクリートセル周囲に対して最大の溢水源となる消火設備から全量を放水したとしても、水位は約0.4mとなり水没しない。万一、水没したとしても試料ピットは、臨界評価上、水没状態でも臨界には達せず、臨界防止機能は損なわれない。また、コンクリートセルはコンクリート造であり、放水によって破損するおそれはないため、遮へい機能は維持される。

第2棟2階及び中地下1階に設置されるコンクリートセルの給排気弁については、放水した水が階段を通じて、中地下1階よりも低い地下1階に流れるため水没しない。また、圧縮空気により作動するフェイルクローズ弁であるため、消火設備の放水によって電気設備又は圧縮空気設備の不具合が発生したとしても、自動的に弁が閉止し、構造による閉じ込め機能は維持される。

地下水対策として地下外壁にアスファルト防水層及び保護層を設置して建屋内への浸入を防ぐことにより、地下水による内部溢水が生じない設計とする。

1.10 外部人為事象に対する設計上の考慮

第2棟は、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。

防護すべき施設として、「安全性が損なわれた場合に公衆に対して過度な放射線被ばくを及ぼすおそれのある施設」を防護対象として定める。第2棟では「コンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピット」が該当し、それら施設の安全性が損なわれない設計とする。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。

(1) 電磁的障害

第2棟は、電磁的障害による擾乱を防止するため、制御部及び演算部を接地した鋼製の筐体に格納し、高圧動力ケーブルは金属シールド付きとする等の電磁障害の影響を受けない設計とする。

(2) 不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）

第2棟に設置する監視・制御装置は、不正アクセス行為を受けることがないように、電気通信回線等を通じて外部と接続できない設計とする。

(3) 不法な侵入等

第2棟は、第三者の不法な侵入等を未然に防止するため、以下の措置を講ずる。

- ・ 不法な侵入等を防止するため、防護区域の設定、人の容易な侵入を防止できる柵、標識、鉄筋コンクリートの壁等による防護、巡視及び入退域管理施設での身分管理を行う。
- ・ 不法な侵入等を検知するための監視設備を設置し、警報、映像監視等により監視できる設計とする。
- ・ 外部との通信設備を設ける。
- ・ 爆発性又は易燃性を有する物品の持ち込みを防止するため、入退域管理施設で物品点検を行う。

(4) 漂流船舶の衝突

第2棟は、海に面しておらず、T.P.+約40mに建設する。そのため、第2棟へ漂流船舶の衝突は発生せず、施設の安全性が損なわれるおそれはない。よって、想定される外部人為事象として設計上の考慮は不要となる。

(5) 航空機落下

第2棟は独立した施設であり、安全機能はこの施設のみで担保できることから、航空機落下確率は、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」（平成14・07・29 原院第4号（平成14年7月30日原子力安全・保安院制定））に基づき、これまでの事故実績等から民間航空機、自衛隊機及び米軍機を対象として評価した。第2棟への落下確率は、 3.8×10^{-9} 回/年であり、設計上の考慮を必要とするか否かの判断基準である 1.0×10^{-7} 回/年を下回る。よって、想定される外部人為事象として設計上の考慮は不要となる。

(6) ダム崩壊及び爆発

第2棟の近隣には、発電所敷地から南方約4kmに熊川があり、その上流に坂下ダム、小塚ダム、万右エ門ダムがある。この河川及びダムは第2棟から十分距離が離れており、ダムの崩壊により施設に影響を及ぼすことはない。同様に爆発物の製造及び貯蔵施設も近隣になく、爆発により施設の安全性が損なうこ

とはない。よって、想定される外部人為事象として設計上の考慮は不要となる。

(7) 有毒ガス

第2棟の防護対象となるコンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットの安全機能（遮へい・閉じ込め及び臨界防止）の維持・確保は、運転員の操作を要するものではないため、有毒ガスではコンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットの安全性は損なわれない。よって、想定される外部人為事象として設計上の考慮は不要となる。

1.11 火災に対する設計上の考慮

第2棟は、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並びに火災の影響の軽減対策を適切に組み合わせた措置を講ずる。

第2棟の火災に対する設計上の考慮は、「別添 3-8 火災防護に関する説明書及び消火設備の取付箇所について」、「別添 3-9 安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路について」、「別添 3-10 非常用照明に関する説明書及び取付箇所について」に詳細を記載する。

1.12 環境条件に対する設計上の考慮

(1) 圧力に対する設計上の考慮

第2棟を構成する設備（機器、配管等）のうち、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」において、クラス3及びクラス4に位置付けられる機器、配管等については、「発電用原子力設備規格設計・建設規格 JSMES NC-1」を適用して設計・製作・検査を行う。クラス3及びクラス4に該当しない機器、配管等については、必要に応じて日本産業規格（JIS）等の製品規格を適用して設計する。クラス3に位置付けられる機器、配管等として、分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽の胴、底板及び管台並びに主要配管（鋼管）がある。分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽の胴、底板及び管台並びに主要配管（鋼管）の施工時の「最小厚さ」は、最高使用圧力から算出される「必要厚さ」を満足する設計とする。

クラス4に位置付けられる機器、配管等として、主要排気管（鋼管）^{*1}及び主要排気管（鋼管，ダクト）^{*2}があり、施工時の「最小厚さ」は、「発電用原子力設備規格設計・建設規格 JSMES NC-1」を適用して「必要厚さ」を満足する設計とする。

クラス3及びクラス4に該当しない機器、配管等のうち圧力に対する設計上の考慮が必要な設備として、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット、コンクリートセル用給気フィルタユニット、鉄セル用給気フィルタユニット、グローブボックス用給気フィルタユニット及び主要排気・給気管がある。セル等は「大気圧比較法（JIS Z 4820）」による耐圧・漏えい確認、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット、コンクリートセル用給気フィルタユニット、鉄セル用給気フィルタユニット、グローブボックス用給気フィルタユニット及び主要排気・給気管は最高使用圧力の1.25倍以上の加圧による耐圧・漏えい確認を行う。

*1：コンクリートセル（No.4）排気口からコンクリートセル（No.4）排気弁までが対象

*2：コンクリートセル（No.4）排気弁から排気母管まで、コンクリートセル（No.4）に係る排気母管及びコンクリートセル（No.4）に係る排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニットC,D入口までが対象

(2) 温度に対する設計上の考慮

温度に対する設計上の考慮が必要な設備として、主要配管（鋼管）がある。主要配管（鋼管）の設計上の最高使用温度は、運転温度又は周辺環境温度よりも高い保守的な値を使用する設計とする。

なお、試料ピットに保管する燃料デブリ等の発熱による影響はない。

上記(1)の圧力及び温度については、関係する規格・基準に基づいた設計又は製品規格に従った設計とすることで適切に考慮する。

(3) 湿度に対する設計上の考慮

換気空調設備にて必要に応じて湿度調整を行う。

(4) 放射線に対する設計上の考慮

燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備からの放射線に対して、放射線業務従事者等を保護し、また、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するために、必要な厚さの遮へいをコンクリート等の壁・天井に施す設計とする。併せて、セル等内の機器（グローブ等の付属品も含む。）も、耐放射線性を考慮した設計とする。

なお、専用容器（ポリエチレン容器等）に一時的に保管する塩酸含有廃液及び有機廃液は、定期的に払い出すことで専用容器がばく露し続けないようにする。また、専用容器の劣化を考慮して定期的に容器を交換する。その他の機器についても耐放射線性を考慮した材料及び機器等を選定するとともに、必要に応じて放射線劣化が有意に現れる前に交換する。

(5) 腐食に対する設計上の考慮

第 2 棟では、管理区域内部の壁、床その他核燃料物質等によって汚染されるおそれのある部分の表面は、気体又は液体が浸透しにくく、かつ、腐食しにくい材料や塗装で仕上げる設計とし、腐食対策として第 2 棟の分析作業で発生する硝酸、塩酸等の酸、水酸化ナトリウム等のアルカリ、有機化合物を含む液体シンチレータ等の分析廃液、塩酸含有廃液及び有機廃液を考慮する。

分析廃液を一時的に保管する分析廃液受槽、主要配管等については、主に硝酸に対する耐食性を考慮する必要があることから、耐食性に優れた SUS316L 及び SUS316LTP を使用する。

一方、硝酸を含まない設備管理廃液を一時的に保管する設備管理廃液受槽、主要配管等については、SUS304 及び SUS304TP を使用する。

換気空調設備は、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等の排気を高性能フィルタにより放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、第 2 棟の排気口から放出する設計としている。この設計に関連した主要排気管には SUS304TP 及び SUS304TPY を使用する。

コンクリートセルのライニング、鉄セル及びグローブボックスの主要構造材は、耐食性を考慮して SUS304 を使用する。また、酸を使用する分析作業においては、ステンレス製バットのような耐食性を考慮した材料の容器を使用するとともに、加熱する場合は排ガス中和装置を備えた難燃性の簡易フードを使用する。

なお、固体試料の溶解や液体試料の蒸発乾固を想定し、塩酸を室温で使用する場合と加熱して使用する場合で SUS304 の腐食速度を評価したところ、保守的な条件においても腐食速度が小さい結果が得られて

おり、構造強度に影響を及ぼすことがない。

コンクリートセル給排気弁は、腐食による錆の発生防止の観点から SUS 製とする。

(6) 水素に対する設計上の考慮

燃料デブリ等からの放射線により水が放射線分解することで水素が発生することを考慮しても、セル等内の水素濃度は、爆発限界の 4vol%を下回り、爆発は起こらない。

(7) 溢水に対する設計上の考慮

燃料デブリ等はセル等にて取り扱い、セル等は窒素ガスを用いて消火する設計であることから、セル等が浸水するおそれはない。万一、コンクリートセル内が水没したとしても、臨界には達しない。

(8) 化学薬品に対する設計上の考慮

第 2 棟では、安全機能を損なうおそれのある多量の化学薬品の取り扱いはない。また、化学薬品使用時は以下の防護を考慮する。これにより安全機能を損なうおそれはない。

- ・ 試薬を取り扱う際は、バット等による飛散防止を図り、万一、薬品を溢した際は速やかに拭き取る等の管理を行う。また、試薬を直接使用する際は試薬の性状に応じた装備を着装して作業を行う。
- ・ 使用を想定している試薬は、試薬調製室の薬品保管庫（金属製）に保管する。その際、消防法にて混載を禁止されている危険物は、薬品保管庫を分けて保管し、試薬の接触により発生する腐食性ガスの発生を防止する。また、漏えい対策としても試薬は薬品保管庫内での保管を徹底し、万一、漏えいした場合は、適切に除去する。
- ・ 試薬をセル等で使用する際には、セル等への持ち込みは最小限とし、その際混合することにより発火する可能性のある危険物は、同一の場所で使用しない。
- ・ 水素掃気、火災・爆発の防止の安全機能を有する設備は、試薬が接触しうる箇所に耐食性の材料を用いる。

なお、第 2 棟での臨界防止は、質量管理及び形状管理により行うため、考慮する必要はない。また、冷却の安全機能を有する設備はないため、考慮する必要はない。

(9) 飛散物に対する設計上の考慮

ガス爆発について、第 2 棟は可燃性・支燃性ガス容器をガスクャビネットに収納する等の爆発事故を防止するように設計する。また、第 2 棟内におけるクレーンその他の輸送機器については、搬送物の落下防止や搬送機器の逸走防止対策のほか、電源喪失時にも搬送物を安全に把持する構造とすること等により、飛散物が発生しないものとする。さらに、回転機器については、ケーシング、カバーを設ける等の対策を講ずる。

1.13 運転員操作に対する設計上の考慮

(1) 燃料デブリ等の取扱い時の誤操作防止

燃料デブリ等の取扱量について、二重装荷を考慮した値を核的制限値として設定する。

なお、試料ピットは燃料デブリ等を収納する試料ピットの XXXXXXXXXX、間隔等を制限することで、制

限以上に収納することができない構造とする。

燃料デブリ等の受入及び施設内の移送の都度、計算機又は伝票を用いて臨界管理上安全であること（受入、移送に伴う各取扱場所での存在量が核的制限値を超えないこと。）を確認する。実際の受入及び移送にあたっては、作業担当者以外から立会者*を指名し立会わせることで、移送物と伝票等の内容に相違のないこと及び受入先における存在量が核的制限値以下であることを確認する手順とする。また、燃料デブリ等の重量測定時の表示値の読み間違いを防止するために、繰り返し測定することを手順に定める。

重量測定器の誤作動に伴う表示値の相違による核的制限値の超過を防止するために、燃料デブリ等の重量測定を行う前に、標準器（分銅）を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。また、作業者と立会者の2名以上で確認及び作業を行うことで、人的過誤を防止する。

上記のことから、仮に機器の単一の故障、誤動作又は作業者の誤操作の発生を考慮したとしても、臨界管理上の核的制限値を逸脱することはない。

フードからグローブボックス又は $\alpha \cdot \gamma$ 測定室へ燃料デブリ等を移送する際は、気密及び遮へいを考慮した容器に収納し、専用の台車で取り扱うことで落下を防止する。

*：立会者は、核燃料物質の計量管理に関する実務を行う者で、業務経験及び教育の受講歴より十分な知識を有している者から指名する。

(2) コンクリートセルの誤操作防止

a. 輸送容器を20tクレーンで吊り上げ中の落下防止

- ・ 20t天井クレーンのフックに掛けたワイヤロープが外れないよう、フックに外れ止めを設ける設計とする。
- ・ 有資格者がクレーン操作を行った上で、立会者（知識・技術を有する者）により吊り上げ方法と手順通りに作業が行われていることを確認する。
- ・ 有資格者が玉掛け作業を行った上で、立会者（知識・技術を有する者）により玉掛けに用いる器具に取違い等の誤りがなく、玉掛け作業が確実に行われていることを確認する。
- ・ フック、ワイヤロープ等の吊り上げに用いる機器、器具に劣化等の異常がないことを定期的な点検により確認する。

b. 輸送容器を20tクレーンで移動中の振れ等の防止

- ・ クレーンの移動時、巻き上げ及び巻き下げ時にインバータ制御により緩起動・緩停止とすることで、移動中の荷振れを抑制する設計とする。
- ・ レール端部のストッパー、リミットスイッチ及び浮上り防止治具により逸走を防止する設計とする。
- ・ 移動中の振れ及び逸走を防止するため、クレーンの操作者（有資格者）の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。
- ・ 作業手順書で手順を定め、確実な作業を行えるよう管理する。

c. 天井ポートのPVCバッグの誤装着防止

- ・ PVCバッグの取り付けポートは、グローブボックスの搬出入ポートと同じ構造で、確立された構造であり、装着方法も標準化されていることから、装着中に外れる可能性は低い。万一、PVCバッグ

の装着を誤り、PVCバッグが脱落したとしても、コンクリートセルの負圧維持による閉じ込め機能で放射性物質の閉じ込めが可能である。

- ・ 作業者の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。
- ・ 作業手順書で手順を定め、確実な作業を行えるよう管理する。

d. 薬品の漏えい防止

- ・ コンクリートセル内で取り扱う薬品の量を必要最低限とし、バット等による飛散防止を図るとともに、万一、薬品を溢した際は速やかに拭き取る等の管理を行う。
- ・ コンクリートセル内において、金属が急激に腐食する可能性のある薬品を取り扱わない。

e. 背面遮へい扉又は天井ポートの誤操作による開放防止

- ・ 背面遮へい扉の誤操作による開放を防止するため、背面遮へい扉は電気錠にて施錠し、解錠しないと背面遮へい扉が開かない設計とする。
- ・ コンクリートセル内の線量と背面遮へい扉の電気錠が連動するインターロックを設けて、コンクリートセル内の線量が 1mSv/h 以上の場合には、背面遮へい扉の電気錠を解除できない設計とする。
- ・ 天井ポートを開閉するハンドルは取り外しておき、必要なときのみ取り付けの運用とする。

f. 2 重の扉となっているセル間遮へい扉（コンクリートセルNo. 4 側と鉄セル（インナーボックス）側に各々設置する扉）の同時開放の防止

- ・ コンクリートセルNo. 4 側又は鉄セル側のどちらか一方のセル間遮へい扉が開状態の時は、閉止している側のセル間遮へい扉を開放できないようにインターロックを設ける設計とする。
- ・ セル間遮へい扉を同時に開いたとしても、コンクリートセルの負圧維持により放射性物質の閉じ込めが可能である。
- ・ 作業者の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。

(3) 鉄セルの誤操作防止

2 重の扉となっている移送扉（鉄セル（インナーボックス）側とグローブボックス側に各々設置する扉）の同時開放を防止するため、移送扉を同時に開いたとしても、鉄セルの負圧維持により放射性物質の閉じ込めが可能な設計とする。

なお、移送扉の開閉作業は作業者の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。

(4) グローブボックスの誤操作防止

2 重の扉となっている移送扉（グローブボックス側とフード側に各々設置する扉）の同時開放を防止するため、移送扉を同時に開いたとしても、グローブボックスの負圧維持により放射性物質の閉じ込めが可能な設計とする。

なお、作業者の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。

(5) フードの誤操作防止

フード窓の誤操作による開放防止として、以下の対策・設計をする。

- ・ フード窓が必要以上に大きく開放しないよう、フード窓にストッパーを設ける設計とする。
- ・ 誤って大きく開放しないよう、フード窓に表示等を行う。
- ・ 作業者の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。

(6) 液体廃棄物一時貯留設備の誤操作防止

a. 液体廃棄物の移送作業中における誤操作防止

液体廃棄物一時貯留設備では、分析廃液受槽A, B又は設備管理廃液受槽A, Bにおいて移送又は回収ポンプ（以下「ポンプ」という。）を用いて受槽間での廃液移送時に運転員が適切に操作でき、誤操作をしないようにするため、各受槽内の液位を確認できる液位計を備えている。

各受槽間の移送中に、受入側の受槽が液位計の設定値以上になった場合には、オーバーフローを防止するためにポンプを自動で停止する設計とする。

なお、自動停止したポンプは、受入側と払出側の受槽の選択を変更し、異常リセットすることで再起動できる設計とする。

各受槽間の移送及びタンクローリへの移送時に、払出側の受槽が液位計の設定値以下になった場合には、ポンプへの空気混入防止のためにポンプを自動で停止する設計とする。

なお、自動停止したポンプは、払出側と受入側の受槽の選択を変更し、異常リセットすることで再起動できる設計とする。

受槽間の移送前に、受入側の受槽の液位計により、現在の受入可能な容量を確認する。これにより、運転員が受入可能な量を超えるような移送を防止できる。また、移送開始後においても、液位計により逐次受け入れた液位を確認し、所定の液位に達した時点でポンプを手動で停止することで、計画する量以上の廃液を移送しない。

なお、手動で停止できなかった場合でも、液位計が設定値以上又は設定値以下の場合にポンプを自動で停止することで、誤操作があっても対応できる設計とする。

b. 液体廃棄物の払い出し作業中における誤操作防止

- ・ 液体廃棄物の払い出し作業中は、払出側の受槽の液位計を逐次確認し、所定の液位に達した時点でポンプを手動で停止することで、タンクローリの容量を超える払い出しを防止する。
- ・ タンクローリと接続する箇所には開閉操作用のハンドルを設置し、タンクローリと接続した後にハンドルを操作して開とする。開閉操作用のハンドルは、タンクローリとの接続を解除する前に閉止するため、タンクローリと未接続時に移送ポンプを誤って稼働して液体廃棄物が送水されたとしても、接続箇所から漏えいしない。
- ・ 万一、接続部に隙間が生じ漏えいしたとしても、その拡大を防止するため、タンクローリとの接続部に受け皿を設ける設計とする。
- ・ 作業者の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。

c. 液体廃棄物一時貯留設備でのサンプリング作業中における誤操作防止

- ・ 液体廃棄物が漏えいした場合は、漏えい検知器により漏えいを検知できる設計とする。
- ・ 液体廃棄物が漏えいしたとしても、堰内に液体廃棄物を全量保持できる設計とする。
- ・ 堰内で保持した液体廃棄物は回収ポンプにて、液体廃棄物一時貯留設備に回収できる設計とする。
- ・ 作業者の他に立会者（知識・技術を有する者）を設置し、作業を確認しながら実施することで、誤操作を防止する。

(7) 換気空調設備の誤操作防止

運転員の誤操作により、汚染レベルの高いエリアから汚染レベルの低いエリアに空気が流れることがないように、汚染レベルの高いエリアの排風機が停止した時は、汚染レベルの低いエリアの排風機も停止する設計とする。また、起動時においても運転員が誤操作しないように、汚染レベルの高いエリアの排風機から、セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、管理区域用排風機、管理区域用送風機の順に起動する設計とする。

(8) 窒素ガス消火設備の誤操作防止

- ・窒素ガス消火設備の起動ボタンに誤って接触しただけで起動しないよう、起動操作は単一操作（ボタン押下）だけでなく、二段階操作（スイッチ操作＋ボタン押下）により起動する設計とする。
- ・接触等により誤って窒素ガス消火設備を起動しないようにするため、窒素ガス消火設備の起動ボタンにカバー等を設置する。
- ・窒素ガスの放出時においてもセル等の負圧を維持できるように、セル等の給気弁は窒素ガス消火設備起動時に自動で閉止し、窒素ガスを~~放出する設計とする~~放出する設計とする。このため、誤操作により窒素ガスを放出したとしても、セル等の閉じ込め機能は維持できる。

(9) 監視盤、操作器具等の誤操作防止

盤の配置、操作器具等の操作性、計器表示及び警報表示においては施設の状態が正確かつ迅速に把握できる配置となるよう設計する。また、操作器具等は、下記の対策を必要に応じて組み合わせることで誤操作を防止する設計とする。

- ・ 監視盤，制御盤及び操作盤は，照明反射を考慮した配置とする。
- ・ 監視盤，制御盤及び操作盤は，運転員の動線及び運転員同士の輻輳回避を考慮した配置とする。
- ・ 監視盤，制御盤及び操作盤は，設備毎にエリア分けして配置し，操作性及び視認性に留意した設計とする。
- ・ 警報表示箇所は，監視・操作エリアから監視できる設計とする。
- ・ 指示計，表示装置及び操作スイッチは，操作を行う位置から監視できるように配置する。また，運転操作性及び機能の重要度，使用頻度等を考慮した設計とする。
- ・ 操作盤は，左右逆となる鏡対象とならない配置とする。
- ・ 流体の流れ，操作の流れを考慮した配置とする。
- ・ 操作器具であるスイッチ，機器，弁等は系統等による色分けや銘板取り付けによる識別表示し，誤

りを生じにくい設計とする。

- ・ 操作盤における弁の開閉及びポンプ等の運転状態の表示色は、色分けを行うことで容易に識別できる設計とする。
- ・ 警報の配置は、その警報の重要度に応じた識別の容易化を考慮する。また、警報原因の速やかな運転操作対応ができるように設計する。
- ・ 警報原因が消滅した場合は、警報は元の状態に復帰できる設計とする。
- ・ 誤接触による誤操作を防止するため、スイッチ及びボタンにカバー等を設置する。
- ・ スイッチ及びボタンは、単一操作（ボタン押下）だけでなく、二段階操作（スイッチ操作＋ボタン押下等）により起動する設計とする。
- ・ 保守点検時にも点検状態を示す表示を行う。

(10) 制御室における誤操作防止

運転員が適切な運転・監視ができるよう、制御室は温度、照明、騒音に対して、快適な環境条件を考慮し設計する。監視モニタに表示される情報は運転員の誤操作及び誤認識を防止できるように配置・配列されるとともに、統一性のある表示とする。また、以下の対策をとることで誤操作を防止する設計とする。

- ・ モニタ類は、照明反射を考慮した配置とする。
- ・ 運転員同士の会話が阻害されるような騒音が防止される設計とする。
- ・ 制御室は、運転員相互の認識性及び運転員間のコミュニケーションを考慮した配置とする。
- ・ 運転員の動線及び運転員同士の輻輳回避を考慮した配置とする。
- ・ 警報表示箇所は、監視・操作エリアから監視できる設計とする。
- ・ 操作に関連する指示計及び表示装置は、操作を行う位置から監視できる設計とする。
- ・ 複数の運転員による監視ができるよう、監視モニタは制御室の運転員が共有できる場所に表示する。
- ・ 情報の表示は、極力一つの画面に表示する。
- ・ 警報の表示は、その警報の重要度に応じた識別の容易化を考慮する。
- ・ 警報原因が消滅した場合は、警報は元の状態に復帰できる設計とする。
- ・ 監視モニタの操作は、操作を受け付けたことを示す打ち返し表示（二段階操作）を行う設計とする。

(11) ローディングドックの外部及び内部の扉の誤操作防止

ローディングドックの外部及び内部には、複数の扉と電動ハッチを設置する。これらの扉及び電動ハッチを同時に開放すると、管理区域の負圧バランスが乱れるため、各扉及び電動ハッチのうち、ひとつでも開放状態にある場合には、他の扉及びハッチを開放できないインターロックを設けることで誤操作を防止する。

(12) 設計評価事故時の操作

第2棟の安全上重要な施設は、コンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットであり、設計評価事故時（換気空調設備の損傷及び電源喪失時）において、安全機能の確保にはコンクリートセルの給排気弁を閉止する必要がある。

コンクリートセルの給排気弁は、設計評価事故時には自動的に閉止し、運転員の操作を期待しなくても

安全機能を確保できる設計とする。万一、コンクリートセルの給排気弁が自動的に閉止しない場合においても、運転員が容易に当該給排気弁を閉止することで安全機能を確保できる設計とする。

1.14 信頼性に対する設計上の考慮

(1) 措置を講ずべき事項への対応方針

第2棟の安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器は、燃料デブリ等を取り扱うことから、十分に高い信頼性を確保し、かつ、維持し得る設計とする。また、コンクリートセル（給排気弁を含む。）及び試料ピットは、その系統の安全機能が達成できる設計であるとともに、その構造、動作原理、果たすべき安全機能の性質等を考慮して、多重性又は多様性及び独立性を備えた設計とする。

a. 閉じ込め機能

第2棟の負圧維持機能を有する動的機器に関しては、2式設置する。負圧維持機能を有する動的機器が故障した場合でも、待機している機器が起動することにより負圧を維持する。

第2棟の換気空調設備の排風機が複数同時に機能喪失した場合は、速やかに分析作業等を中止する。

なお、排風機を作動することができず負圧にできない場合は、セル等の構造（給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタを含む。）で放射性物質を閉じ込める。

コンクリートセルの給排気弁は、Sクラスの地震に対して耐震性を有する設計とする。セル・グローブボックス用換気空調設備、圧縮空気設備が損傷又は外部電源喪失が発生した場合は、コンクリートセルの給排気弁が自動で閉止し、構造による閉じ込め機能を維持できる設計とする。

なお、当該給排気弁は、Sクラスの地震に対して機能を維持できることを評価しており十分信頼性がある。当該給排気弁は、それぞれ2個配置（多重化）し、地震等による停電時には給気系統及び排気系統が自動で閉となる機構となっている。また、万一の際には現場での当該給排気弁ハンドル部により開閉操作が可能であり、緊急時に必要な対応を行うことができる設計とする。

輸送容器を取り扱う20tクレーンに関しては、輸送容器を吊り上げている際に外部電源喪失が発生した場合においても、ブレーキが働くことにより輸送容器を吊り上げ状態で保持することが可能である。また、20tクレーンのフックに掛けたワイヤロープが外れないよう、フックに外れ止めを設ける設計とするため、輸送容器が落下することはない。

なお、汚染源となる燃料デブリ等は金属製の試料容器に収納され、かつ、試料容器はDPTEコンテナ、輸送容器、保護容器（輸送容器の転倒落下時の衝撃から保護する容器）に収納される。燃料デブリ等は複数の容器に保護されているため、万一、輸送容器が落下した場合においても飛散する可能性は極めて小さい。仮に、輸送容器が落下し燃料デブリ等が飛散した場合においても、床面をエポキシ樹脂で塗装することで、容易に回収できるようにする。飛散した際の回収方法については、対策会議を設置し、落下物の状況並びに空間線量及びダスト濃度等を評価して、工具等の使用による距離確保、必要に応じて遮へい等を行い、被ばく低減対策を実施した上で回収作業を行う。回収した燃料デブリ等は容器に収集した後、セル内に搬入して保管する。

b. 遮へい機能

コンクリートの壁、天井及び鉄の壁、天井による遮へい体で、非管理区域及び建屋外側における各線源からの線量率計算結果が、外部放射線に係る設計基準線量率以下を満足することを確認することにより、遮へい設計が十分であることを評価する。また、放射線業務従事者等の主な作業エリアであるオ

ペレーションエリア、サービスエリア、分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室における線量率計算結果が、外部放射線に係る設計基準線量率を満足することを確認する。

c. 臨界防止機能

燃料デブリ等の取扱量及び試料ピットの形状を制限することで、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界に達しない設計とする。また、万一、臨界が発生した場合は、 γ 線エリアモニタ、中性子線エリアモニタによって臨界及びその継続性を検知することができる設計とする。

d. その他

(a) 監視機能

i) 放射線及び臨界

試料放射能測定装置は、2 チャンネルを有し、1 チャンネル故障時でも他の 1 チャンネルで第 2 棟の排気口における放射性物質濃度を確認可能とする。

第 2 棟では、 γ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタにより臨界に伴う線量率の上昇を検知し、警報を発する設計とする。

ii) 火災

火災の発生を速やかに検知できるよう、コンクリートセル内の火災を検知できる機器を設置する。

(b) 電源

第 2 棟は、2 系統より受電する設計とし、1 系統からの受電が停止した場合でも全ての負荷に給電できる構成とする。外部電源が喪失した場合でも、必要な設備に給電する非常用電源設備を設置する。

(c) 火災対策

コンクリートセルで火災が発生した場合、窒素ガスを噴射し、コンクリートセル内を [REDACTED] [REDACTED] 消火できる設計とする。窒素ガスを噴射している間は、設備内の排気を継続し、コンクリートセル内の負圧を維持できる設計とする。また、窒素ガスによる消火ができない場合においても消火を行えるよう、コンクリートセル内に粉末消火薬剤及び乾燥砂を設置する。

1.15 検査可能性に対する設計上の考慮

第 2 棟の安全機能を有するコンクリートセル、試料ピット、鉄セル、グローブボックス、フード、排風機等は、施設運用後においても、求められる機能（閉じ込め機能、臨界防止機能、遮へい機能等）に対して、それらの健全性及び機能を確認できる設計とする。

1.16 その他の設計上の考慮

(1) 第 2 棟の臨界防止及び臨界管理方法

a. 臨界防止

第 2 棟は、核燃料物質を含む燃料デブリ等を取り扱うため、臨界防止のための方策を講ずる。第 2 棟では、燃料デブリ等の取扱量及び形状を制限することで、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界に達しない設計とする。

臨界安全評価においては、想定される燃料デブリ等の組成を保守的に設定するとともに、前処理中に

プルトニウム濃度の高い残さ又は沈殿が発生する可能性を考慮し、均質体系に加えてプルトニウムが粒子状に存在する非均質体系についてプルトニウム濃度等が不均一な状態の評価を行い、臨界に達しないことを確認する。万一、臨界が発生した場合は、 γ 線エリアモニタ、中性子線エリアモニタによって臨界及びその継続性を検知することができる設計とする。

なお、鉄セル、グローブボックス、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室においては取り扱う燃料デブリ等が少量であるため、臨界に至らない。

b. 臨界管理方法

第2棟では燃料デブリ等の核的制限値を[]と制限し、質量管理を実施する。なお、試料ピットは燃料デブリ等を収納する試料ピットの[]，間隔等を制限することで、制限以上に収納することができない構造とする。詳細を「別添3-6 臨界防止について」に示す。

(2) 燃料デブリ等と標準試料の取扱量

第2棟で取り扱う燃料デブリ等，標準試料の量の詳細を「別添3-7 取り扱う燃料デブリ等，標準試料の量について」に示す。

2. 「Ⅲ. 特定原子力施設の保安のために措置を講ずべき事項」に係る安全確保策等

第2棟は，燃料デブリ等の放射性物質を取り扱うことから，「Ⅲ 特定原子力施設の保安」に従って，運転管理，保守管理，放射線管理等の保安のために必要な措置を適切かつ確実に実施するとともに，燃料デブリ等の取り扱いにあたっては，以下の安全確保策等を講ずることにより，作業員及び敷地内外の安全を確保する。

(1) 運転管理

a. 燃料デブリ等の取り扱いに係る一般事項

(a) 燃料デブリ等の取り扱いにあたっては，最大取扱量等を超えないように遵守する。表-2に燃料デブリ等の最大取扱量を示す。

表-2 燃料デブリ等の最大取扱量

燃料デブリ等の取扱い	取扱場所*1	最大取扱量*2
受入	コンクリートセル (No. 1)	[]
使用	コンクリートセル (No. 1～4)	[]
	鉄セル	[]
	分析室 (グローブボックス，フード)， $\alpha \cdot \gamma$ 測定室	[]
一時保管	試料ピット	[] []

*1：上記以外の取扱場所では燃料デブリ等を取り扱わない（燃料デブリ等を運搬する場合は除く。）。

*2：コンクリートセル，鉄セル，分析室（グローブボックス，フード）， $\alpha \cdot \gamma$ 測定室における燃料デブリ等の合計質量（各取扱場所における燃料デブリ等の取扱量の合計）は[]以下となるよう管理する。

(b) 燃料デブリ等の取り扱いにあたっては、以下の事項を明確にし、必要な手順書（マニュアル等）を定めるとともに、作業前にはあらかじめ作業計画書等を作成して、作業の安全を確保する。

- ・ 業務遂行上の作業範囲及びその内容
- ・ 安全確保上の遵守事項
- ・ 異常発生時の措置、対応
- ・ その他保安の確保に必要な事項

(c) 機器等の監視を適切かつ確実にを行い、通常と異なる変化が観察された場合は、必要な措置を講ずるとともに、監視を強化する。

b. 燃料デブリ等の受入及び払出

燃料デブリ等を受け入れる前に、受入元から必要な書類等の提供を受け、「a. 燃料デブリ等の取扱いに係る一般事項」の a. (a) の取扱量を超えないことを確認する。また、燃料デブリ等を払い出す前に、払出先へ情報を提供し、燃料デブリ等が受入可能であることを確認する。

燃料デブリ等を受け入れる際は、ローディングドックに搬入した輸送容器をコンクリートセルの背面ポート又は天井ポートに接続し、燃料デブリ等をコンクリートセル内に受け入れる。燃料デブリ等を払い出す際は、コンクリートセルの背面ポート又は天井ポートに接続した輸送容器に燃料デブリ等を収納し、ローディングドックから輸送容器を搬出する。

c. 搬入する燃料デブリ等の確認

燃料デブリ等は、第 2 棟の施設外から輸送容器を用いてローディングドックに搬入する。受入元からの情報提供の内容と、輸送容器及び内容物に異なる点がないことを確認する。また、搬入前に、輸送容器表面が放射性物質で汚染されていないことを受入元で確認する。

d. 移送時の措置

- ・ 発電所内の他施設と第 2 棟間で燃料デブリ等を移送する際は、所定の輸送容器を使用する。
- ・ 第 2 棟内では、輸送容器を取り扱う場合、天井クレーンを使用する。その際、吊り上げ高さは、約 14m*以下に制限する。
- ・ 移送後の空の輸送容器は、発電所内の他施設へ返却又は第 2 棟のサービスエリア若しくはローディングドックに一時的に保管する。

*：天井クレーンの吊り上げ高さは、現場での据付調整及び揚程 13.5m を踏まえて、約 14m 以下に制限する。

e. 燃料デブリ等の取扱い

セル等、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室において、燃料デブリ等を取り扱う場合は、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界量に達しないよう、質量管理を行う。臨界安全上の最大取扱量として、セル等、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室における燃料デブリ等の合計質量（各取扱場所における燃料デブリ等の取扱量の合計）は■以下となるよう管理する。燃料デブリ等は、基本的にセル等、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室内で取り扱う。分析室又は $\alpha \cdot \gamma$ 測定室内で燃料デブリ等を運搬する際は、漏えい防止等の措置を講ずる。また、燃料デブリ等の取扱場所には、燃料デブリの取り扱いに係る注意事項を掲示する。

燃料デブリ等の受入、施設内の移送、払出の都度、質量測定器により燃料デブリ等の質量を測定する。また、計算機又は伝票を用いて、受入、移送に伴う各取扱場所での存在量が最大取扱量を超えないことを確認する。燃料デブリ等の質量測定等を行う場合は、確認者を含め、作業者を 2 名以上確保する。

f. 分析試料等の一時保管

の試料ピットにおいて、燃料デブリ等を一時的に保管する場合は、燃料デブリ等に含まれる核燃料物質が臨界に達しないよう、質量管理及び形状管理を行う。試料ピットには、があり、に燃料デブリ等（以下）を収納した保管容器をまで積み上げて一時的に保管する。

なお、試料ピットは、保管容器の取り出しを考慮し、を空にする運用とする。

試料ピットにおける燃料デブリ等の一時保管又は取り出しの都度、質量測定器により燃料デブリ等の質量を測定する。また、計算機又は伝票を用いて、試料ピット内の燃料デブリ等の合計質量が最大取扱量を超えないことを確認する。

には、燃料デブリ等の一時保管に係る注意事項を掲示する。

(2) 保守管理

a. 巡視及び点検

第2棟の設備の保守管理を適切かつ確実に行えるよう手順書（マニュアル等）を定めるとともに、設備毎に定めた頻度で巡視及び点検を行う。

b. 地震時等の措置

- ・ マニュアル等で定めた基準以上の地震が発生した場合、速やかに設備を点検し、保安上の影響を確認する。
- ・ 火災が発生した場合、早期消火及び延焼の防止に努めるとともに、設備を点検し、保安上の影響を確認する。
- ・ 異常を発見した場合、直ちに連絡通報体制に則った連絡・通報を行うとともに、その原因を調査し、施設の保安上必要な措置を講ずる。

c. 各設備に係る保守管理

各設備に対し、異常の発生を防止する観点から設備毎に定めた頻度で点検等を行い、異常が確認された場合は、適切な対応を行う。

(3) 放射線管理

a. 放射線管理に係る区域及び被ばくの管理

- ・ 外部放射線による実効線量と空気中の放射性物質による実効線量との合計が、法令に定める管理区域に係る条件を超えるおそれのある区域を管理対象区域又は管理区域（以下「管理区域等」という。）とする。
- ・ 管理区域等における放射線業務従事者の被ばくは、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」（平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号）に基づく線量限度に従い管理を行う。

b. 管理区域等の表示

管理区域等について、壁、柵等により区画するほか、標識を設ける。

c. 管理区域等の出入り管理

管理区域等には、指定された者（管理区域等への立入りを許可された放射線業務従事者）以外の者を

管理区域等に立ち入らせない措置を講ずる。ただし、一時的に立入りを許可された者が、資格を有する指定された者とともに立ち入る場合については、この限りではない。

d. 管理区域等外への物品の搬出

管理区域等から物品を搬出するときは、当該物品の表面密度が基準値を超えていないことを確認する。

e. 作業に伴う放射線管理

管理区域等内で有意な放射線被ばく又は汚染が生じるおそれのある作業を行う際は、作業方法等を記載した計画書を作成する。作業の実施にあたっては、計画書に記載した放射線管理上の措置を講ずることにより、放射線業務従事者の被ばく低減に努める。

f. 線量当量率等の測定

管理区域等内における線量当量率等の管理のため、放射線管理設備により、線量当量率及び空気中の放射性物質濃度等の監視を行う。線量当量率及び空気中の放射性物質濃度等の監視により、異常が認められた場合は、直ちに原因の調査、原因の除去等の措置を講ずる。

(4) 放射性廃棄物管理

a. 第2棟固体廃棄物の保管・管理

第2棟固体廃棄物は、以下の分類で管理する。

(a) 高線量の第2棟固体廃棄物

セル等で発生する第2棟固体廃棄物で、線量率が1mSv/h以上のものとする。

なお、第2棟固体廃棄物に燃料デブリが含まれているもの（付着等により分離できないもの）は、線量率の高低に関わらず高線量の第2棟固体廃棄物として管理し、臨界管理の観点から核燃料物質として質量管理を行う。

(b) 低線量の第2棟固体廃棄物

線量率が1mSv/h未満のものとする。低線量の第2棟固体廃棄物は、可燃物、難燃物等の種類で分類する。

(c) α核種を含む第2棟固体廃棄物

(a)及び(b)のうちα核種を含むものは、βγ核種のみ含まれる第2棟固体廃棄物とは分けて管理する。

b. 第2棟液体廃棄物の保管・管理

第2棟液体廃棄物は、以下の分類で管理する。

(a) 分析廃液

分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等の作業に伴い発生する廃液及び洗浄等によって発生する廃液

(b) 塩酸含有廃液

分析作業において塩酸による溶解、分離等の作業に伴い発生する廃液

(c) 有機廃液

液体シンチレーションカウンタ等を使用する分析作業で発生する廃液

(d) 設備管理廃液

汚染検査室の手洗い及びシャワー設備、ローディングドックの床ドレン、換気空調設備室の排気口釜場等から発生する廃液

なお、必要に応じて、高線量の第2棟液体廃棄物については、コンクリートセル又はグローブボックスにて固化処理し、高線量の第2棟固体廃棄物として取り扱う。

c. 第2棟気体廃棄物の処理・管理

排気口においては、放射線管理設備により排気中の放射性物質濃度の放出監視を行い、排気口から放出される排気中の放射性物質の濃度が「東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示」（平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号）に基づく濃度限度以下であることを確認する。

(5) 緊急時の措置

事故、災害時等における緊急時の措置として、緊急事態への対処、そのための要員の確保、配置、教育・訓練、資機材整備、関係機関への連絡通報体制、緊急時における医療体制をあらかじめ整備し、緊急事態への対処及び緊急事態の拡大防止・収束に努める。また、協力企業を含む要員に対する教育・訓練を実施し、緊急時の措置に係る技量や能力の維持向上を図る。

(6) 敷地周辺の放射線監視

第2棟敷地周辺の放射線監視は、「Ⅲ 3.1 放射線防護及び管理」に基づき、実施する。

セル等の放射性物質の閉じ込めについて

1. 基本的な考え方

セル等の放射性物質については、換気空調設備にてセル等の内部を負圧にすることで放射性物質を閉じ込めることを基本とする（負圧維持による閉じ込め）。また、負圧維持ができない場合は、セル等の構造*により放射性物質を閉じ込める（セル等の構造による閉じ込め）。

*：セル等、給気管、排気管、弁及び給排気系のフィルタ

2. 想定される事象に対する閉じ込めの考え方

想定される事象に対する閉じ込めの考え方は以下のとおり。また、表-3 に各事象に対する閉じ込めの考え方を示す。

(1) 通常運転時

換気空調設備にてセル等の内部を負圧に維持することにより、放射性物質を閉じ込める。

(2) 外部電源喪失時

第 2 棟に給電する外部電源は、大熊線 3 号、4 号及び東電原子力線から給電する設計としている。通常、福島第一原子力発電所は、大熊線 3 号及び 4 号から給電しており、片方が停電しても、もう片方からの電源供給が継続される設計としているため、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。また、大熊線 3 号及び 4 号が両方電源喪失した場合は、東電原子力線への切替を手動で行う計画としている。外部電源喪失時は、第 2 棟の受変電設備にて低電圧を検知し、第 2 棟の非常用電源設備が自動起動して第 2 棟の主要な負荷に給電する設計とするため、セル等の内部を負圧に維持することにより放射性物質を閉じ込める。

(3) 負圧維持に必要な設備の機能喪失時

負圧維持に必要な設備（セル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、管理区域用送排風機並びにセル・グローブボックス用排風機、フード用排風機、管理区域用送排風機の電源）の機能喪失時においては、給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を閉じ込める。その際、フィルタから放出される放射性物質による公衆への被ばく影響は、鉄セルで $8.8 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ 、グローブボックスで $8.8 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}$ であり、線量目標値に関する指針における周辺監視境界外の線量目標値である $50 \mu\text{Sv}$ に比べ十分に小さい。さらに、フィルタからの放射性物質の放出を低減するために、コンクリートセルは直近に設置した自動弁にて閉止し、鉄セル及びグローブボックスは手動弁にて閉止できる設計とする。

(4) 火災発生時

換気空調設備にてセル等の内部を負圧維持することにより放射性物質を閉じ込める。窒素ガス消火設備による消火時においても、同様に負圧を維持することにより放射性物質を閉じ込める。

なお、セル等で火災が発生した場合でも、セル等から排気フィルタまで約 20m の距離が離れているこ

とから排気フィルタに炎が到達することはない。仮に排気フィルタまで炎が到達したとしても、排気フィルタは難燃材料のろ材、不燃材料のケーシングで構成されているため、フィルタが損傷して延焼するおそれはない。

(5) 負圧維持に必要な設備の機能喪失時（全電源喪失時等）＋火災発生時

(3)と同様、負圧維持に必要な設備の機能喪失後に火災が発生した場合についても、給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を閉じ込める。その際、フィルタから放出される放射性物質による公衆への被ばく影響は、鉄セルで $1.1 \mu\text{Sv}$ 、グローブボックスで $1.1 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ であり、線量目標値に関する指針における周辺監視境界外の線量目標値である $50 \mu\text{Sv}$ に比べ十分に小さい。さらに、フィルタからの放射性物質の放出を低減するために、セル等の直近の給排気系に弁を設置し、閉止できる設計とする。

なお、セル等で火災が発生した場合、仮に排気フィルタまで炎が到達したとしても、フィルタは難燃材料のろ材、不燃材料のケーシングで構成されているため、フィルタが損傷して延焼するおそれはない。また、給排気弁は金属製であることから延焼のおそれはない。

表-3 想定される事象に対する閉じ込めの考え方

	負圧維持による閉じ込め	構造による閉じ込め
(1) 通常運転時	○	－
(2) 外部電源喪失時	○	－
(3) 負圧維持に必要な設備の機能喪失時	－	○
(4) 火災発生時	○	－
(5) 負圧維持機能喪失＋火災発生時	－	○

3. 負圧維持に必要な設備の機能喪失時の線量評価

負圧維持に必要な設備の機能が喪失した場合、セル等の構造により放射性物質を閉じ込める。コンクリートセルの二重化した給気弁と排気弁間で放射性物質を閉じ込めた場合、構造により閉じ込め機能が維持される。よって、コンクリートセルの負圧維持機能が喪失した場合でも公衆に影響を与えない。鉄セル及びグローブボックスについては、手動弁にて構造による閉じ込めができるが、給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を閉じ込めた場合のフィルタから建屋外に放出される放射性物質による影響を、保守的な条件の下で評価する。

本評価での保守的な条件は、地震により電気設備及び消火設備が損傷し、負圧維持に必要な設備の機能喪失後に火災が発生した場合を想定した。また、空気が逆流し、鉄セル及びグローブボックス内の全ての放射性物質が除染係数(DF)の小さい給気側フィルタを通じてのみ、鉄セル及びグローブボックス外に放出されるものとして評価した。

3.1 鉄セルに関する評価

(1) 放射性物質の放出経路

- 鉄セルでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等[]の全てが粉体で存在するものとし、地震後に火災が発生したことを想定する。
- 鉄セル内に存在する粉体（約 2×10^{11} Bq）について、切断時の飛散 1%⁽ⁱ⁾及び火災に伴う飛散 0.6%⁽ⁱⁱ⁾を合わせた 1.6%（トリチウム，希ガス，ヨウ素等の揮発性・ガス状の放射性物質は 100%）が気相に移行する。
- 高性能フィルタは給気側 1 段，排気側 2 段設置されることから保守的な評価とするため，気相中の放射性物質が給気フィルタを通じて，鉄セル周辺の室に放出され，さらに建屋から外部へ放出され地上放出によって敷地境界に達したと想定する。

(2) 除染係数

- 給気フィルタは，高性能フィルタ 1 段から構成される。なお，高性能フィルタは，最も通過しやすい粒子径において除染係数 10^3 が確保できるため，高性能フィルタの 1 段の除染係数（DF）として 10^3 を考慮する⁽ⁱⁱⁱ⁾。
- 建屋については，除染係数（DF）として 10 を考慮する^(iv)。
- 揮発性及びガス状の放射性物質については，除染係数（DF）を考慮しない。
- なお，保守的な評価とするため，沈着等による損失は考慮しないものとする。

(3) 放出された放射能

表-4 に，鉄セルに関する核種ごとの建屋外への放出量と合計値を示す。

表-4 鉄セルに関する建屋外への放出量

核種	放出量 (Bq)
^{125}Sb	9.1×10^7
$^{125\text{m}}\text{Te}$	3.4×10^7
^{238}Pu	1.9×10^4
^{239}Pu	1.4×10^3
^{240}Pu	2.4×10^3
^{241}Pu	1.9×10^5
^{241}Am	1.0×10^4
$^{242\text{m}}\text{Am}$	3.4×10^2
^{244}Cm	2.6×10^3
その他	4.4×10^8
合計	5.7×10^8

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約 99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 (Bq)
^{85}Kr	4.0×10^8
^3H	4.2×10^7
^{137}Cs	1.5×10^4
$^{137\text{m}}\text{Ba}$	1.4×10^4

(4) 放射性物質の大気拡散

「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」(昭和 57 年 1 月 28 日)(以下「気象指針」という。)に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度(気象指針に基づいて求めた放射性物質の単位放出率当たりの風下濃度)を $3.9 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(5) 線量評価結果

「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」(平成 2 年 8 月 30 日)を参考に保守的な条件の下で求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $7.1 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ となる。

建屋外に放出された放射性物質からの放射線(クラウドシャイン, グランドシャイン)による外部被ばく線量は、それぞれ約 $4.5 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$, 約 $3.6 \times 10^{-1} \mu\text{Sv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量との合算値は約 $1.1 \mu\text{Sv}$ となるため、公衆に影響を与える可能性は十分小さい。

3.2 グローブボックスに関する評価

(1) 放射性物質の放出経路

- ・ グローブボックスでは燃料デブリ等の切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ等[]の全てが粉体で存在するものとし、地震後に火災が発生したことを想定する。
- ・ グローブボックス内に存在する粉体(約 $2 \times 10^7 \text{Bq}$)について、切断時の飛散 1%⁽ⁱ⁾及び火災に伴う飛散 0.6%⁽ⁱⁱ⁾を合わせた 1.6% (トリチウム, 希ガス, ヨウ素等の揮発性・ガス状の放射性物質は 100%) が気相に移行する。
- ・ 高性能フィルタは給気側 1 段, 排気側 2 段設置されることから保守的な評価とするため、給気フィルタを通じて、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ放出され、地上放出によって敷地境界に達したと想定する。

(2) 除染係数

- ・ 給気フィルタは、高性能フィルタ 1 段から構成される。なお、高性能フィルタは、最も通過しやすい粒子径において除染係数 10^3 が確保できるため、高性能フィルタの 1 段の除染係数 (DF) として 10^3 を考慮する⁽ⁱⁱⁱ⁾。
- ・ 建屋については、除染係数 (DF) として 10 を考慮する^(iv)。
- ・ 揮発性及びガス状の放射性物質については、除染係数 (DF) を考慮しない。
- ・ なお、保守的な評価とするため、沈着等による損失は考慮しないものとする。

(3) 放出された放射能

表-5 に、グローブボックスに関する核種ごとの建屋外への放出量と合計値を示す。

表-5 グローブボックスに関する建屋外への放出量

核種	放出量 (Bq)
^{125}Sb	9.1×10^3
$^{125\text{m}}\text{Te}$	3.4×10^3
^{238}Pu	1.9×10^0
^{239}Pu	1.4×10^{-1}
^{240}Pu	2.4×10^{-1}
^{241}Pu	1.9×10^1
^{241}Am	1.0×10^0
$^{242\text{m}}\text{Am}$	3.4×10^{-2}
^{244}Cm	2.6×10^{-1}
その他	4.4×10^4
合計	5.7×10^4

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約 99% を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 (Bq)
^{85}Kr	4.0×10^4
^3H	4.2×10^3
^{137}Cs	1.5×10^0
$^{137\text{m}}\text{Ba}$	1.4×10^0

(4) 放射性物質の大気拡散

気象指針に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度（気象指針に基づいて求めた放射性物質の単位放出率当たりの風下濃度）を $3.9 \times 10^{-7} \text{h/m}^3$ と評価する。

(5) 線量評価結果

「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」（平成 2 年 8 月 30 日）を参考に保守的な条件の下で求めた吸入摂取による内部被ばく線量は約 $7.1 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}$ となる。

建屋外に放出された放射性物質からの放射線（クラウドシャイン、グランドシャイン）による外部被ばく線量は、それぞれ約 $4.5 \times 10^{-8} \mu\text{Sv}$ 、約 $3.6 \times 10^{-5} \mu\text{Sv}$ となり、建屋外に放出された放射性物質による内部被ばく線量との合算値は約 $1.1 \times 10^{-4} \mu\text{Sv}$ となるため、公衆に影響を与える可能性は十分小さい。

4. 引用文献

- (i) 「ホットラボの設計と管理」，日本原子力学会，1976.
- (ii) 「Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook」，NUREG/CR-6410，1998.

- (iii) 「HEPA フィルタの捕集効率と除染係数」, 保健物理, 21, 1986, p.242.
- (iv) Elizabeth M.Flew, et al, 「Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE ,Harwell.Implications for Emergency Planning」, International Atomic Energy Agency, IAEA-SM-119/7, 1969.

施設外への漏えい防止能力について

1. 液体状の放射性廃棄物の施設外への漏えい防止能力の評価

液体廃棄物一時貯留設備において、第 2 棟液体廃棄物を一時的に保管する分析廃液受槽及び設備管理廃液受槽（以下「受槽」という。）、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラック（以下「保管ラック」という。）は、漏えい拡大防止のための堰内に設置する。堰は、堰内に設置するそれぞれの受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できる容量とする。表-6 に漏えい防止能力の評価を示す。

表一6 漏えい防止能力の評価

堰 ^{*1}	名称	容量[m ³]	想定する最大の漏えい量[m ³]	堰の床面積[m ²]	見込み高さ ^{*2} [cm]	必要な堰の高さ[cm]	堰の高さ[cm]		評価
(1)	分析廃液受槽A	3	6.1	37	13	29	40以上	E	堰の高さは想定する最大量の漏えい廃液を保持するのに必要な高さを満足しており、施設外への漏えいを防止できる。
	分析廃液受槽B	3							
	塩酸含有廃液保管ラック	0.07							
	有機廃液保管ラック	0.03							
(2)	設備管理廃液受槽A	7	14	39	14	50	60以上		
	設備管理廃液受槽B	7							

*1 図-1の番号に対応

*2 基礎体積による高さ増加分（基礎体積÷受槽及び保管ラックを設置する堰の床面積）

2. 液体廃棄物一時貯留室の堰に関する説明

液体廃棄物一時貯留室の受槽，保管ラック及び堰の配置を図-1 に示す。

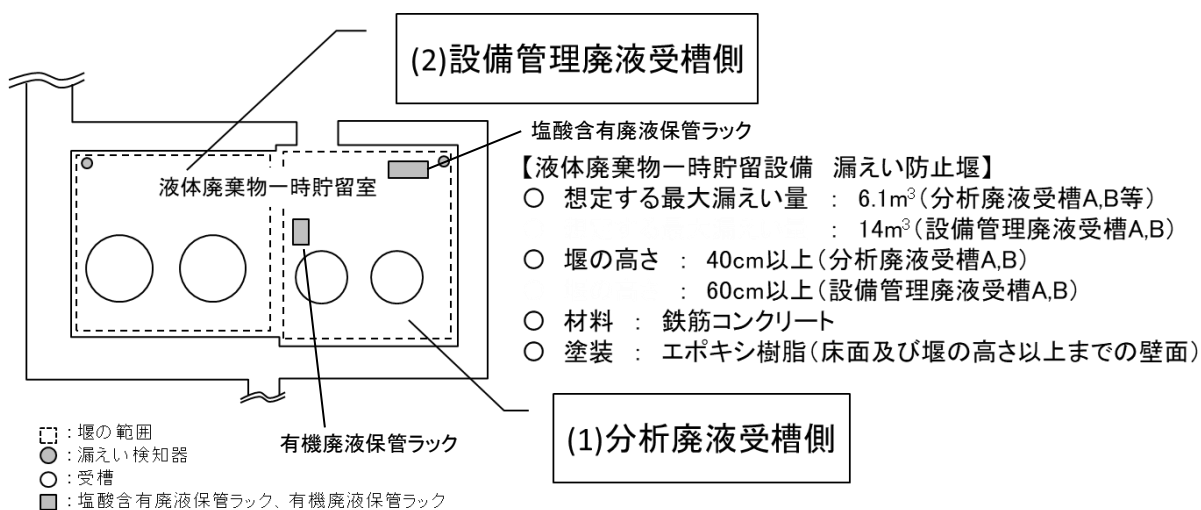


図-1 受槽，保管ラック及び堰の配置

3. 床及び壁の塗装

3.1 塗装の耐水性

床，壁はエポキシ樹脂を使用して塗装することにより耐水性を確保する。

3.2 塗装の範囲

塗装の範囲は，第 2 棟液体廃棄物を内包するそれぞれの受槽及び保管ラックの漏えい廃液を全量保持できるように設計した堰内の床及び床面から堰の高さ以上までの壁とする。堰の塗装範囲を図-2 に示す。

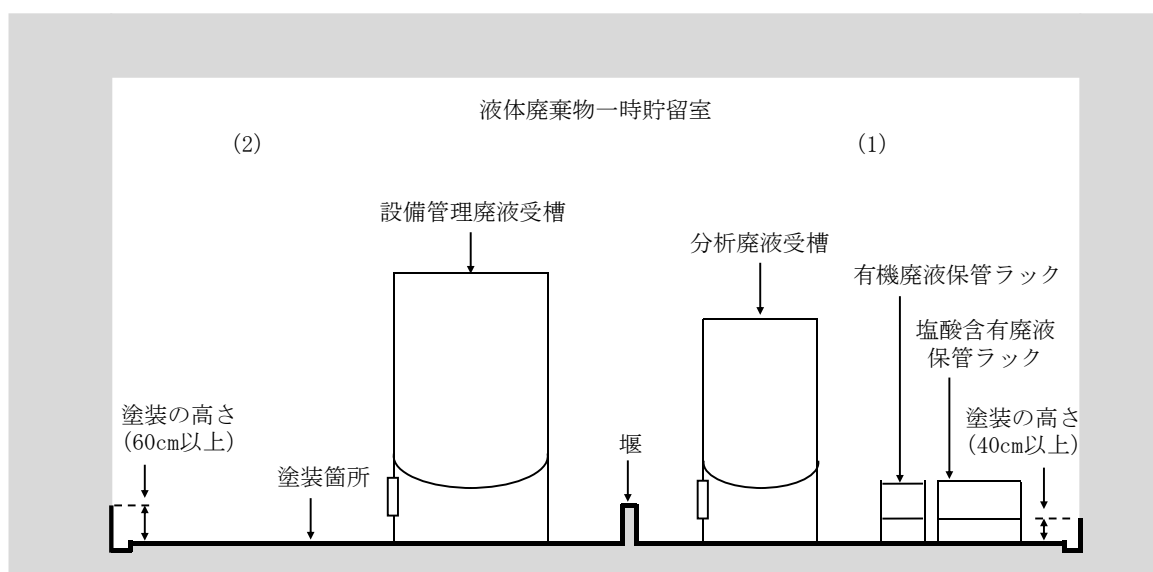


図-2 堰の塗装範囲

4. 配管及び電気配線並びに排気管及び空調ダクトの貫通部

4.1 配管

図-1 及び図-2 の堰内の範囲の貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については堰の高さ以上までスリーブを立ち上げる。

4.2 電気配線（ケーブルトレイ及び電線管）

図-1 及び図-2 の堰内の範囲の貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については貫通部を設けない。

4.3 排気管及び空調ダクト

図-1 及び図-2 の堰内の範囲の貫通部は原則として、壁については堰の高さ以上に設け、床については貫通部を設けない。

液体廃棄物一時貯留設備及び換気空調設備における適切な材料の使用について

第 2 棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備に対する考慮については、「2. 48. 1. 3 設計方針 (3) 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理」のとおりである。

そのうち、適切な材料の使用については、以下に示す。

分析廃液受槽にて一時的に保管する第 2 棟液体廃棄物は、分析作業において硝酸、アルカリ等による溶解、分離等に伴い発生する廃液や試薬調製に係る洗浄等によって発生する分析廃液である。そのため、分析廃液受槽及び主要配管等については、主に硝酸に対する耐食性を考慮する必要があることから、硝酸に対する耐食性に優れ、かつ構造強度を考慮してSUS316L及びSUS316LTPを使用する。また、フードNo. 1 ドレン、流し台等から受槽までの配管、ポンプのシャフト等はSUS316L及びSUS316LTPを使用する。

設備管理廃液受槽にて一時的に保管する第 2 棟液体廃棄物は、結露水等の分析廃液以外の管理区域から発生する設備管理廃液であることから、構造強度を考慮してSUS304 及びSUS304TPを使用する。

塩酸含有廃液及び有機廃液についても、耐食性に優れたポリエチレン製容器等を使用して移送、貯留する。

液体廃棄物一時貯留室の堰内及び管理区域内の床はエポキシ樹脂を塗装、管理区域内の壁は 2mの高さまで塩化ビニールを塗装する。

換気空調設備に対する考慮については、「2. 48. 1. 3 設計方針 (4) 放射性気体廃棄物の処理・管理」のとおりである。換気空調設備は、コンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード等の排気を、高性能フィルタにより、放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、第 2 棟の排気口から放出する設計としている。この設計に関連した主要排気管には XXXXXXXXXX を使用する。

液体廃棄物一時貯留設備に関する警報について

第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備に対する考慮については、「2.48.1.3 設計方針 (3) 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理」のとおりである。

受槽水位については、分析廃液受槽、設備管理廃液受槽に設置した液位計により管理することで漏えいを防止する。また、分析廃液及び設備管理廃液について、各受槽間の移送では、受入側の受槽が満水になり、溢れ出ないように、受入側の受槽が液位計の設定値以上になった場合には、それ以上廃液を移送しないようにポンプが停止する設計とする。漏えいについては、液体廃棄物一時貯留室内の漏えい防止堰に設置した漏えい検知器により検知する。

受槽水位、漏えい検知等の警報については、上記の液位計及び漏えい検知器が異常を検知した際に、異常の発生を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにする。このため、制御室においては、第2棟液体廃棄物を一時的に保管するための設備の運転状態を常時監視できるようにする。

遮へいについて

1. 遮へい設計について

1.1 遮へいに対する対応方針

第2棟は、コンクリートの壁、天井及び鉄の壁、天井による遮へい体で区画する。その遮へい体に対し、非管理区域及び建屋外側における各線源からの線量率計算結果が、外部放射線に係る設計基準線量率 2.6×10^{-3} mSv/h以下*を満足していることを確認することにより、遮へい設計が十分であることを評価する。また、放射線業務従事者等の主な作業エリアであるオペレーションエリア、サービスエリア、分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室における線量率計算結果が、外部放射線に係る設計基準線量率を満足していることを確認する。

* 管理区域に関する線量は、線量告示により3か月間につき1.3mSvとされている。また、原子力発電所放射線遮蔽設計規程（JEAC4615-2020）解説4-3には、管理区域の外側の区域における遮へい設計基準線量率の考え方が記載されている。この考え方を踏まえて、第2棟においても管理区域境界で常時滞在する区域において作業員の3か月間の滞在時間を500時間と想定し、

$$1.3 \text{ (mSv)} \div 500 \text{ (時間)} = 0.0026 \text{ (mSv/h)} \text{ (} 2.6 \mu \text{Sv/h)}$$

を設計基準線量率とした。

1.2 遮へいの考え方と線量率区分

第2棟では、燃料デブリ等、固体廃棄物払出準備設備、液体廃棄物一時貯留設備からの放射線に対して、放射線業務従事者等の被ばくを低減するため、必要に応じてコンクリート等の壁・天井による遮へいを行う。

(1) 非管理区域について

非管理区域においては、外部放射線に係る線量が1.3mSv/3か月を超えないことが求められる。このために必要な遮へいを設置する。遮へい厚さは、3か月あたりの線量で定められる非管理区域の線量を超えないように定めた外部放射線に係る設計基準線量率 2.6×10^{-3} mSv/h以下となるように設定する。

(2) 管理区域について

管理区域においては、放射線業務従事者等の被ばくに関して、線量限度*が定められている他、合理的に達成できる限り低減することが求められる。このことを踏まえ、作業エリアを区域区分し、その区域区分に応じた外部放射線に係る設計基準線量率を設定し、必要な遮へいを設置する。

* 東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関して必要な事項を定める告示（平成二十五年四月十二日原子力規制委員会告示第三号）

第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率は、原子力発電所放射線遮蔽設計規程（JEAC4615-2020）記載の遮へい設計区分の例に基づき設定する。

管理区域内の各エリアにおける線量率区分については、作業内容に応じて割当てた。表-7に第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率を示す。

表-7 第2棟における外部放射線に係る設計基準線量率

	区分	外部放射線に係る設計基準線量率	第2棟での線量率区分の考え方
管理区域外	A	0.0026mSv/h以下	－
管理区域	B	0.01mSv/h未満	人が常時作業を行うエリア。
	C	0.05mSv/h未満	人の立入頻度が比較的少ないエリア。 ただし、分析室等のグローブボックス、フードを設置する室については、作業頻度が比較的多いが、グローブボックス及びフード表面での線量率が高くなるため、区分Cとする（作業者の放射線防護装備、時間管理等により被ばく線量を管理する）。
	D	0.25mSv/h未満	設備の点検・保守等の特定の業務でのみ立ち入るエリア（人の立入頻度、立入時間が短い）。 測定機器室については、将来の拡張を見越してD区分とする。
	E	1mSv/h未満	－
	F	1mSv/h以上	燃料デブリ等を取り扱うため線量率が高いが、マニプレータ等を用いて遠隔で取り扱うため、原則として人が立ち入らないエリア。

1.3 第2棟の遮へい

線源に対し、距離だけでは外部放射線に係る設計基準線量率を満足できない場所について、遮へい体（壁、床）を設定している。図-3に地下1階及び1階の遮へい体として設定する壁及び床を、図-4に2階の遮へい体として設定する壁及び床を示す。

なお、年間追加被ばく線量1mSv及び耐震評価等の規制基準を満たすために期待する遮へい装置を補助遮へいとする。

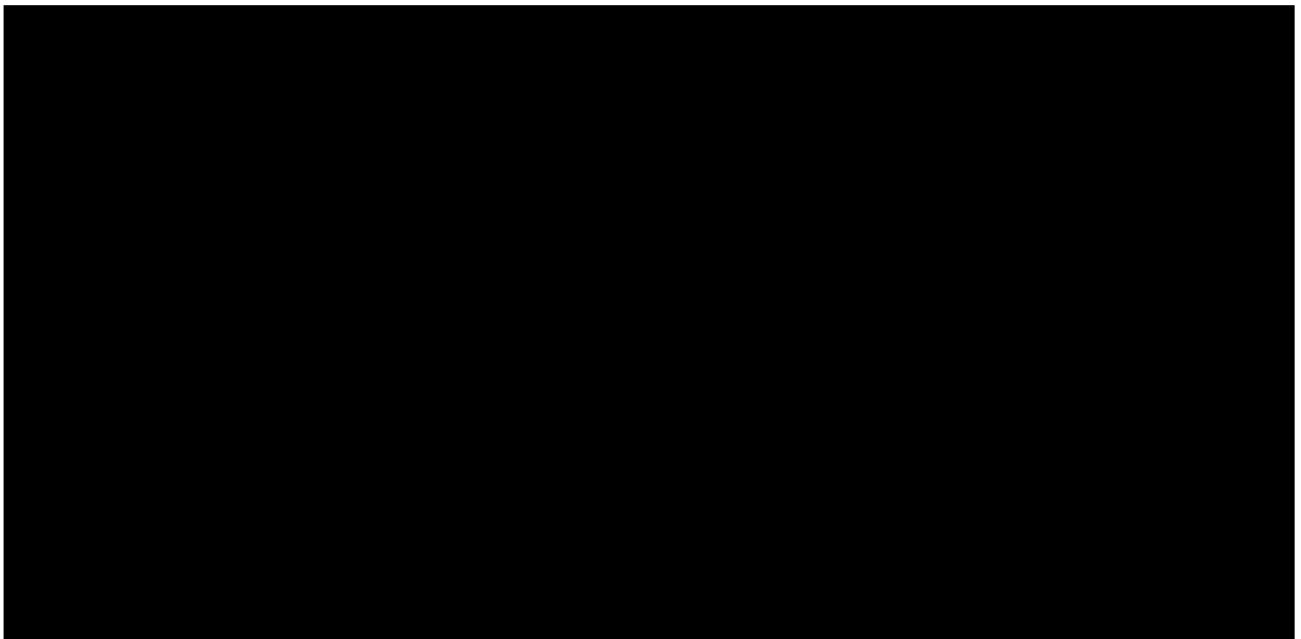


図-3 遮へい体として設定する壁及び床（地下1階及び1階）

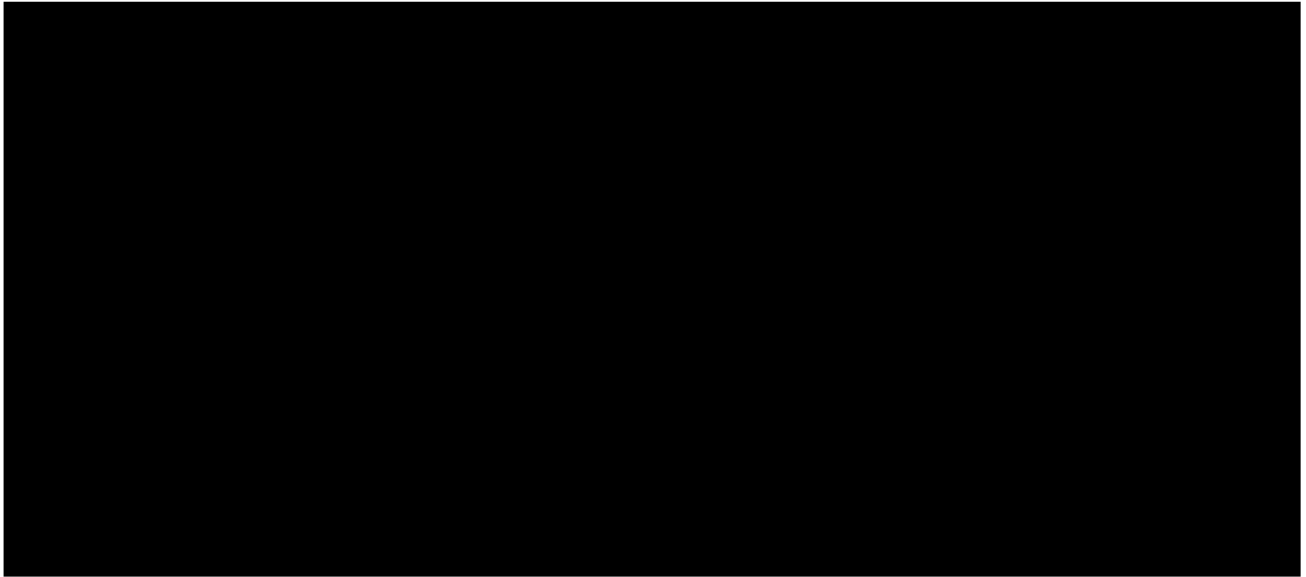


図-4 遮へい体として設定する壁及び床（2 階及び屋上）

1.4 非管理区域及び建屋外壁における線量率評価

非管理区域においては、3か月あたりで定められる線量（1.3mSv/3か月）を超えないように定めた外部放射線に係る設計基準線量率 2.6×10^{-3} mSv/h以下となることを、図-5のフローに基づき確認する。また、建屋外壁の外側においても、外部放射線に係る設計基準線量率 2.6×10^{-3} mSv/hを超えないことを確認する。

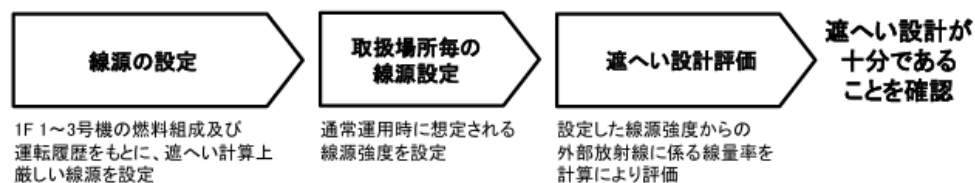


図-5 線量率評価のフロー

(1) 燃料デブリ等の線源強度

発電所の1号機から3号機で最も燃焼した燃料を想定し、ORIGEN2コードを用いて運転履歴に基づく燃焼計算及び原子炉停止から12年間の壊変計算を実施して線源強度を算出した（参考資料 3-5-1 を参照）。その際、燃料デブリ等は全て燃料と仮定し、燃焼度は保守的に60GWd/tとした。1g当たりの燃料デブリ等の放射能、ガンマ線及び中性子発生数を表-8、主要なガンマ線及び中性子放出核種を表-9に示す。

表-8 1g当たりの燃料デブリ等の放射能，ガンマ線及び中性子発生数

放射能 (Bq)	ガンマ線発生数 (photons/s)	中性子発生数 (neutrons/s)
2.3×10^{10}	1.1×10^{10}	4.2×10^3

表-9 燃料デブリ等の主要なガンマ線及び中性子放出核種

ガンマ線		中性子	
放出核種	寄与割合	放出核種	寄与割合
^{137}Cs *	57.3%	^{244}Cm	95.5%
^{90}Sr *	29.0%	^{246}Cm	3.0%
^{134}Cs	6.0%	^{252}Cf	0.9%
^{154}Eu	3.5%	その他(上記以外の核種)	0.6%
^{244}Cm	1.4%	合計	100%
^{241}Am	0.8%	* : 放射平衡中の娘核種を含む。	
^{125}Sb *	0.5%		
^{238}Pu	0.4%		
^{155}Eu	0.4%		
その他(上記以外の核種)	0.7%		
合計	100%		

(2) 遮へい計算

各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。また、線源や遮へい体をモデル化し、外部放射線に係る設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ を超えないことを計算コードを用いて確認する。

a. 計算条件

計算コード：MCNP（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）

線 源：各取扱場所での線源強度及び形状は、表-10の通り。

評価モデル：評価モデルは、図-6～図-15の通り。

密 度：普通コンクリート 2.1g/cm^3 、鉄 7.8g/cm^3

遮へい体の厚さ*：

鉄セル壁 160～300mm、天井 160～240mm

* 施工上の厚さに対し十分な余裕をもった遮へい厚さで評価する。

表-10 各取扱場所での線源強度及び形状

取扱場所	取扱量	線源強度[Bq]	線源形状
コンクリートセルNo. 1～4	燃料デブリ等： (コンクリートセル内合計)	1.2×10^{14}	点線源
試料ピット	燃料デブリ等：	3.1×10^{15}	点線源* ¹
鉄セル	燃料デブリ等：	2.3×10^{11}	点線源
分析室、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室	燃料デブリ等：	2.3×10^7	点線源
固体廃棄物払出準備室	固体廃棄物が収納された払出前収納容器 最大17個 払出前収納容器1個の表面線量率は 0.1mSv/h 未満	2.3×10^{10} * ²	直方体線源
液体廃棄物一時貯留室	分析廃液受槽（容量 3m^3 /基）2基分 放射能濃度 37Bq/cm^3 未満	2.4×10^8 * ²	円柱線源

- *1 試料ピットには、 の燃料デブリ等が ， で あるとして，各位置に点線源があるとした。また，点線源とすることで，線源自体の組成及び大きさによる遮へい(自己遮へい)を見込まなくなり，偏在があっても保守的な評価となる。
- *2 「固体廃棄物払出準備室」では，固体廃棄物を収納した払出前収納容器を最大 17 個一時的に保管する。払出前収納容器 1 個の表面における線量率は 0.1mSv/h 未満を管理値として，高線量の第 2 棟固体廃棄物は払出前収納容器中央に配置し，その周辺に低線量の第 2 棟固体廃棄物を置いて遮へいすることで 0.1mSv/h 未満となるようにする。また，「液体廃棄物一時貯留室」では第 2 棟で発生する液体廃棄物を受槽において一時的に保管する。受槽に排出される液体廃棄物の放射能濃度は 37Bq/cm³ 未満を管理値としている。以上を踏まえて遮へい評価に用いる線源設定において，「固体廃棄物払出準備室」では，想定最大の線量率となる場合の線源強度を設定，「液体廃棄物一時貯留室」では，分析廃液受槽容量と最大濃度に基づき線源強度を設定しており，保守的である。

線源形状 : 直方体線源
計算モデル : 角型容器17個分の放射能を
固体廃棄物払出準備室に配置
遮へいは、固体廃棄物払出準備室北壁(厚さ595mm)を考慮



管理区域 遮へい(壁)

地下1階の評価点①

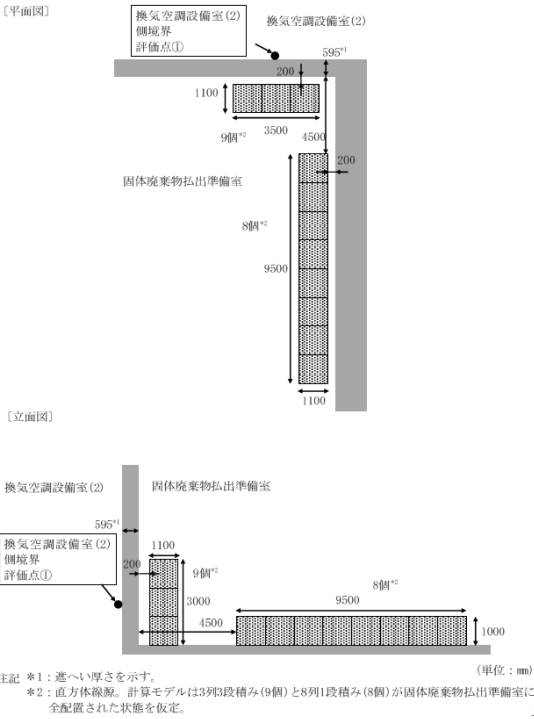
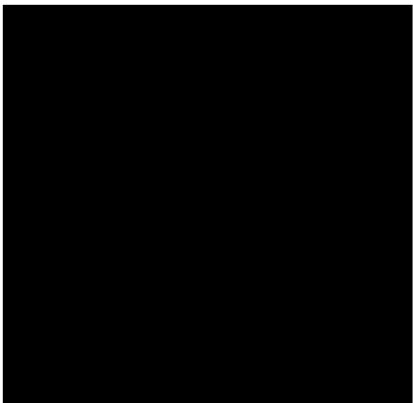


図-6 評価点①(非管理区域: 換気空調設備室(2))の計算モデル

線源形状 : 円柱線源
計算モデル : 分析廃液受槽2基分の放射能を
液体廃棄物一時貯留室に配置
遮へいは考慮しない



管理区域 遮へい(壁)

地下1階の評価点②

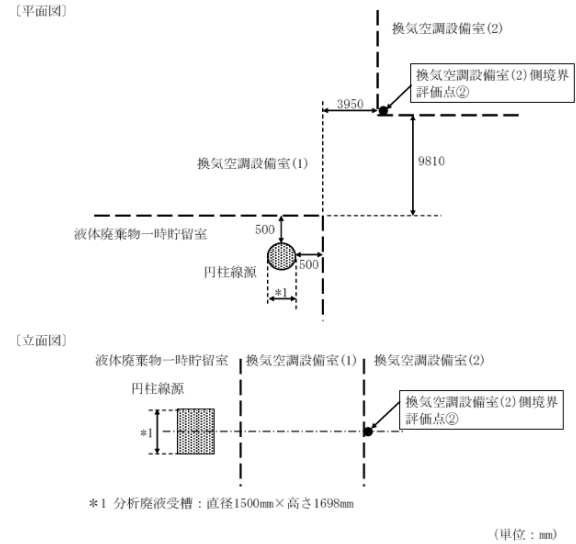
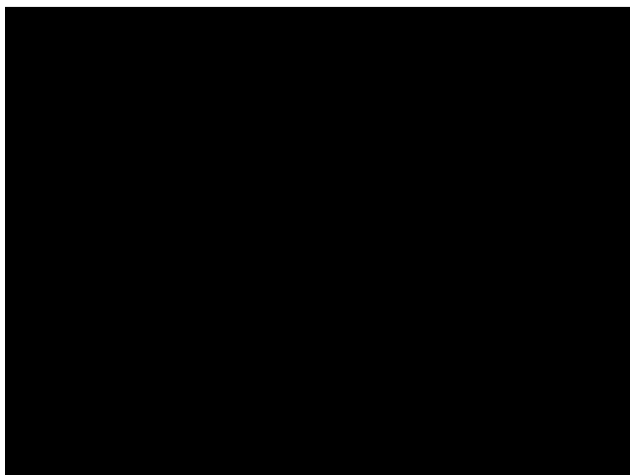


図-7 評価点②(非管理区域: 換気空調設備室(2))の計算モデル

線源形状 : 点線源
 計算モデル : 燃料デブリ等 分の放射能を
 コンクリートセルNo.1に配置
 遮へいは、コンクリートセルNo.1東壁 を考慮



: 管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

1階の評価点③

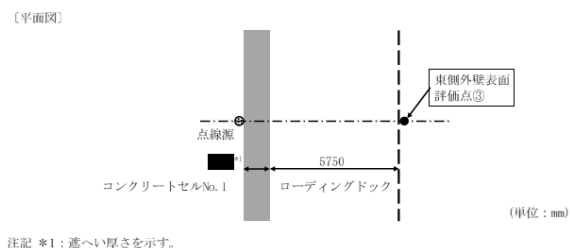
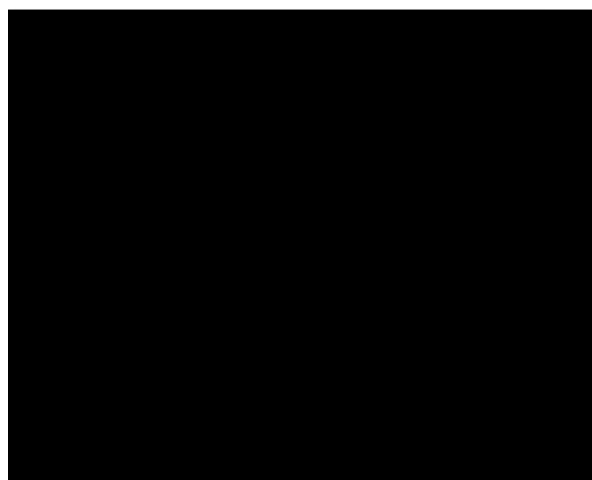


図-8 評価点③ (1階東側外壁) の計算モデル

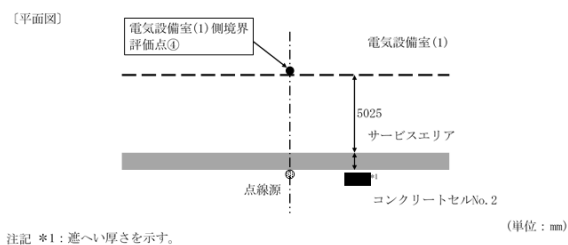
線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を
 コンクリートセルNo.2に配置
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を
 試料ピットに配置
 遮へいは、コンクリートセルNo.2北壁 を考慮



: 管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

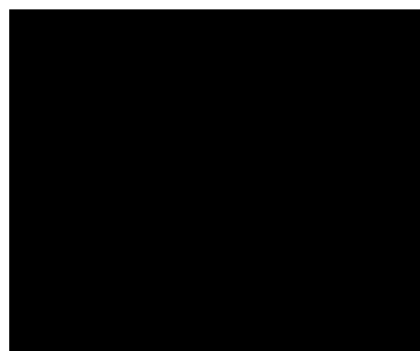
1階の評価点④

(a) コンクリートセルNo.2



(b) 試料ピット

〔平面図〕

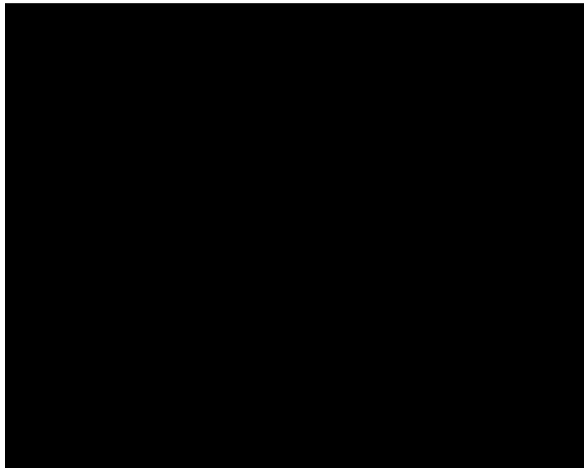


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

図-9 評価点④ (非管理区域: 電気設備室(1)) の計算モデル

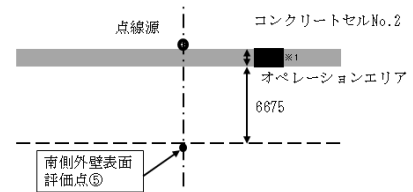
線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を
 コンクリートセルNo.2に配置
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を
 試料ピットに配置
 遮へいは、コンクリートセルNo.2南壁 考慮



1階の評価点⑤

(a) コンクリートセルNo.2

〔平面図〕

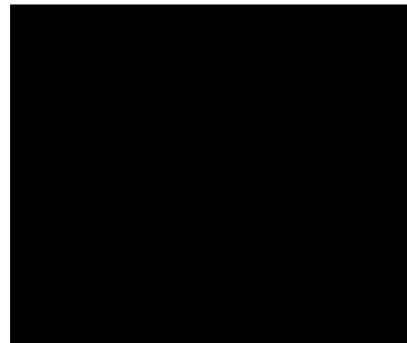


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b) 試料ピット

〔平面図〕

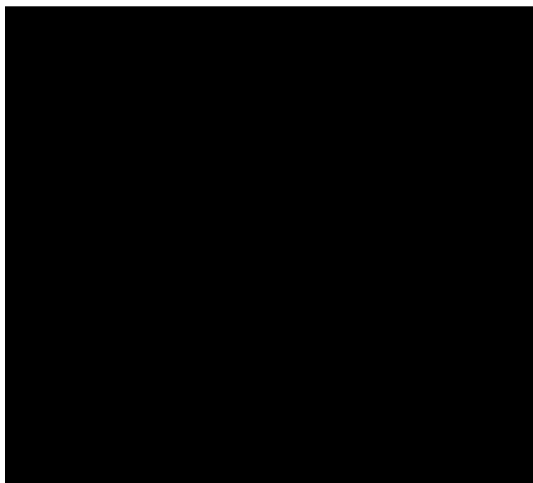


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

図-10 評価点⑤ (1階南側外壁) の計算モデル

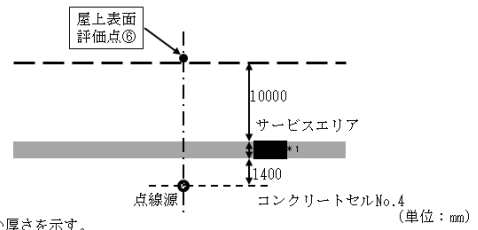
線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を
 コンクリートセルNo.4に配置
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を
 試料ピットに配置
 遮へいは、(a)コンクリートセルNo.4天井 と
 (b)コンクリートセルNo.2天井 考慮



屋上階の評価点⑥

(a) コンクリートセルNo.4

〔立面図〕



注記*1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b) 試料ピット

〔立面図〕

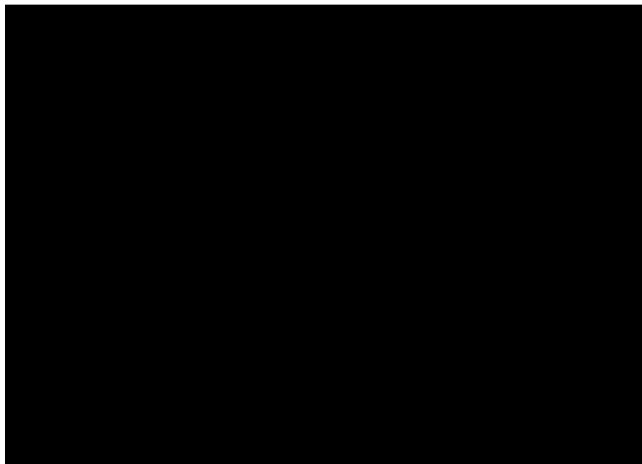


注記 *1: 壁面の遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

図-11 評価点⑥ (屋上表面) の計算モデル

線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を
 コンクリートセルNo.4に配置
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を鉄セルに配置
 (c)燃料デブリ等 分の放射能を分析室に配置
 遮へいは、(a)コンクリートセルNo.4西壁 と
 (b)鉄セル遮へい体(厚さ240mm)を考慮



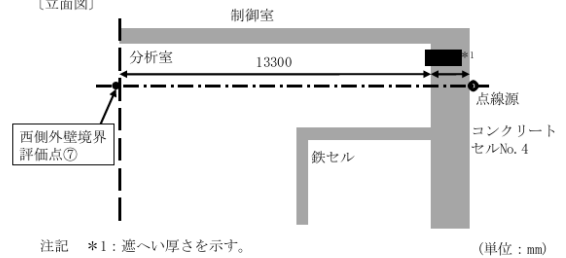
: 管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

1階の評価点⑦

図-12 評価点⑦(1階西側外壁)の計算モデル

(a)コンクリートセルNo.4

[立面図]

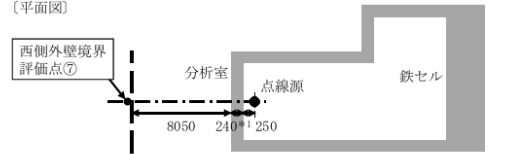


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b)鉄セル

[平面図]

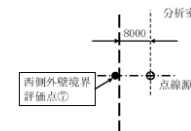


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

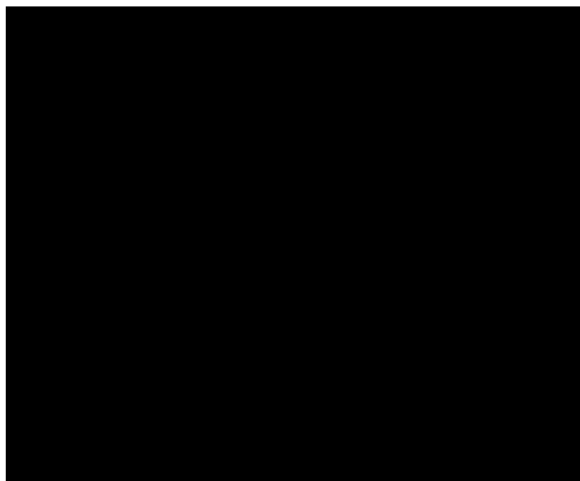
(c)分析室

[平面図]



(単位: mm)

線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を鉄セルに配置
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を
 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室に配置
 遮へいは、(a)鉄セル遮へい体(厚さ160mm)を考慮



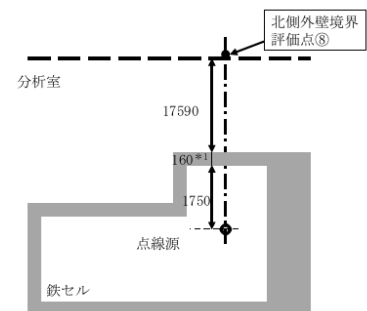
: 管理区域 : 遮へい(壁) : 遮へい(床)

1階の評価点⑧

図-13 評価点⑧(1階北側外壁)の計算モデル

(a)鉄セル

[平面図]

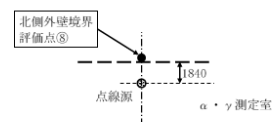


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b) $\alpha \cdot \gamma$ 測定室

[平面図]



(単位: mm)

線源形状 : 点線源
 計算モデル : (a)燃料デブリ等 分の放射能を鉄セルに配置
 (b)燃料デブリ等 分の放射能を分析室に配置
 遮へいは、(a)鉄セル遮へい体(厚さ240mm)を考慮

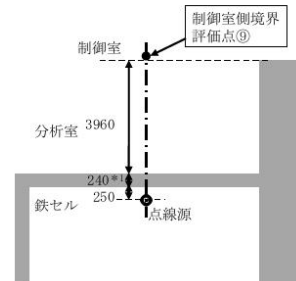


管理区域 遮へい(床)

2階の評価点⑨

(a)鉄セル

[立面図]

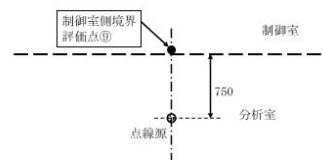


注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

(b)分析室

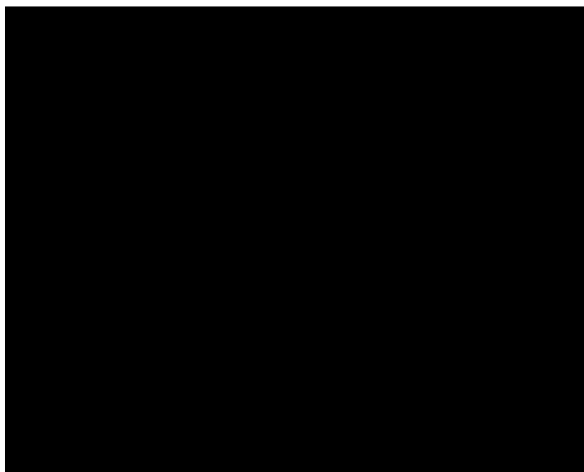
[立面図]



(単位: mm)

図-14 評価点⑨(非管理区域:制御室)の計算モデル

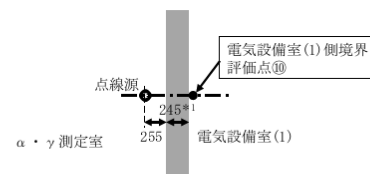
線源形状 : 点線源
 計算モデル : 燃料デブリ等 分の放射能を
 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室に配置
 遮へいは、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室東壁(厚さ245mm)を考慮



管理区域 遮へい(壁) 遮へい(床)

1階の評価点⑩

[平面図]



注記 *1: 遮へい厚さを示す。

(単位: mm)

図-15 評価点⑩(非管理区域:電気設備室(1))の計算モデル

b. 計算結果

第2棟の非管理区域及び建屋外壁における線量率は、いずれも外部放射線に係る設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 以下を満足することを確認した。表-11にその結果を示す。

表-11 非管理区域及び建屋外壁における線量率

評価点	評価場所	線源部屋	線源強度 [Bq]	線量率 [mSv/h]
①	換気空調設備室(2)	固体廃棄物払出準備室	2.3×10^{10}	3.1×10^{-5}
②	換気空調設備室(2)	液体廃棄物一時貯留室	2.4×10^8	1.1×10^{-5}
③	東側外壁	コンクリートセルNo.1	1.2×10^{14}	2.1×10^{-5}
④	電気設備室(1)	試料ピット	3.1×10^{15}	5.4×10^{-5}
		コンクリートセルNo.2	1.2×10^{14}	3.9×10^{-5}
⑤	南側外壁	試料ピット	3.1×10^{15}	1.6×10^{-5}
		コンクリートセルNo.2	1.2×10^{14}	1.6×10^{-5}
⑥	屋上	試料ピット	3.1×10^{15}	9.2×10^{-6}
		コンクリートセルNo.4	1.2×10^{14}	9.8×10^{-6}
⑦	西側外壁	コンクリートセルNo.4	1.2×10^{14}	5.4×10^{-6}
		鉄セル	2.3×10^{11}	7.0×10^{-6}
		分析室	2.3×10^7	1.1×10^{-5}
⑧	北側外壁	鉄セル	2.3×10^{11}	1.3×10^{-5}
		$\alpha \cdot \gamma$ 測定室	2.3×10^7	1.8×10^{-4}
⑨	制御室	鉄セル	2.3×10^{11}	2.4×10^{-5}
		分析室	2.3×10^7	9.8×10^{-4}
⑩	電気設備室(1)	$\alpha \cdot \gamma$ 測定室	2.3×10^7	2.1×10^{-4}

1.5 管理区域における線量率評価

線源取扱場所の近くで作業する従事者の被ばくを低減させるために、線源取扱場所の遮へい体表面の線量率の評価を行う。

第2棟のコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フードにおける線量率評価は、1.4 非管理区域及び建屋外壁における線量率評価と同様に、各取扱場所に応じた線源強度及び線源形状を設定する。また、線源や遮へい体をモデル化して、線量率区分（表-7）を満足することを、計算コードを用いて確認する。

(1) 計算条件

計算コード：MCNP（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）

密度：普通コンクリート 2.1g/cm^3 ，鉄 7.8g/cm^3

各取扱場所での線源強度及び形状を表-12に、計算モデルを図-16～20に示す。

表-12 各取扱場所での線源強度及び形状

取扱場所 (評価点)	取扱量	線源強度[Bq]	線源形状
コンクリートセルNo. 1～4 (コンクリートセル表面)	燃料デブリ等：■	1.2×10^{14}	点線源
試料ピット ■	燃料デブリ等：■	3.1×10^{15}	点線源
鉄セル (鉄セル表面)	燃料デブリ等：■	2.3×10^{11}	点線源
グローブボックス，フード (グローブボックス，フード表面)	燃料デブリ等：■*	2.3×10^7	点線源

* 遮へいを見込めないグローブボックス，フードについては取扱量■として図-20のモデルで評価する。

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■分の放射能をコンクリートセルNo.2に配置

(b) 燃料デブリ等■分の放射能を試料ピットに配置

遮へいは、コンクリートセルNo.2南壁■を考慮

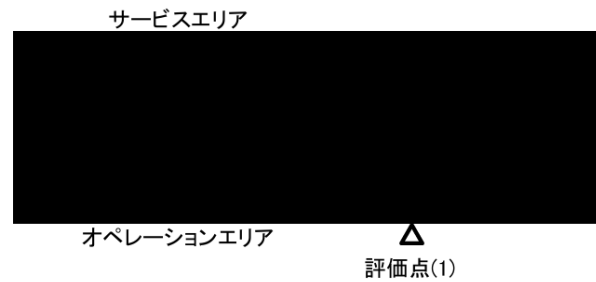


図-16 コンクリートセル正面の計算モデル

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■分の放射能をコンクリートセルNo.2に配置

(b) 燃料デブリ等■分の放射能を試料ピットに配置

遮へいは、コンクリートセルNo.2北壁■を考慮

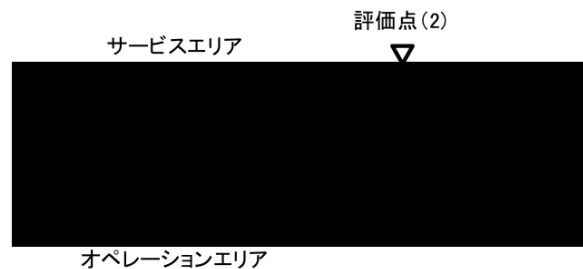


図-17 コンクリートセル背面の計算モデル

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■分の放射能を鉄セルに配置
遮へいは、鉄セル遮へい体(厚さ300mm)を考慮

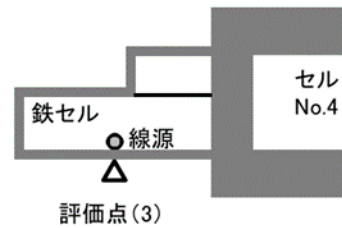


図-18 鉄セル正面の計算モデル

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■分の放射能を鉄セルに配置
遮へいは、鉄セル遮へい体(厚さ160mm)を考慮

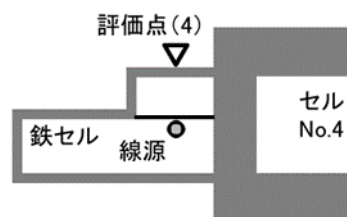


図-19 鉄セル背面の計算モデル

線源形状：点線源

計算モデル

(a) 燃料デブリ等■分の放射能をグローブボックスに配置
遮へいは考慮しない



図-20 グローブボックス，フード正面の計算モデル

(2) 評価結果

第2棟のコンクリートセル，鉄セル，グローブボックス，フードにおける線量率を表-13に示す。いずれも各室の設計基準線量率を満足することを確認した。

表-13 コンクリートセル，鉄セル，グローブボックス，フードにおける線量率

評価点	評価場所	線源位置	線量率 [mSv/h]	区分	基準線量率
(1)	コンクリートセル正面 (オペレーションエリア)	コンクリートセルNo. 2	1.8×10^{-3}	B	0.01mSv/h未満
(2)	コンクリートセル背面 (サービスエリア)	コンクリートセルNo. 2			
(3)	鉄セル正面 (オペレーションエリア)	鉄セル	6.1×10^{-4}	B	0.01mSv/h未満
(4)	鉄セル背面 (分析室)	鉄セル	2.2×10^{-3}	C	0.05mSv/h未満
(5)	グローブボックス，フード正面 (分析室， $\alpha \cdot \gamma$ 測定室)	グローブボックス，フード	8.1×10^{-3}	C	0.05mSv/h未満

(3) 遮へい体の貫通部に対する考慮

第2棟の高線量率区域と低線量率区域の間の遮へい体貫通部は，原則として放射線漏えいが問題とならないようにその位置を決める。ただし，放射線漏えいが問題となる位置に設置せざるを得ない場合は，配管等の放射線漏えいを防止する措置を講ずることとする。

貫通部に対する放射線漏えい防止措置の例を図-21及び図-22に示す。

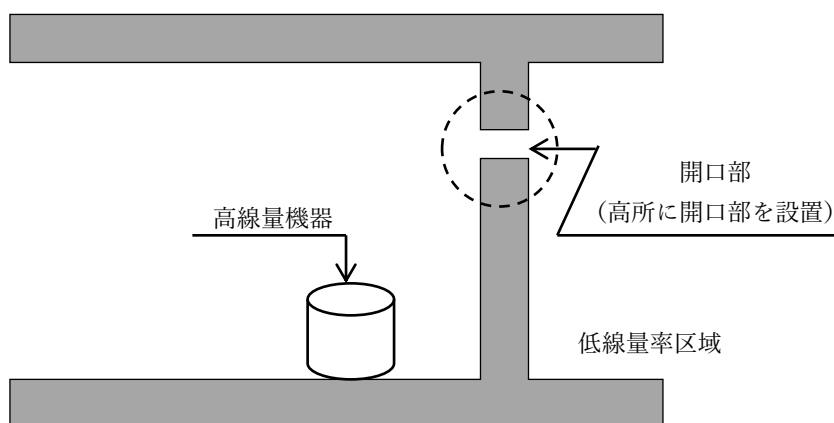


図-21 開口部の高所設置（例）

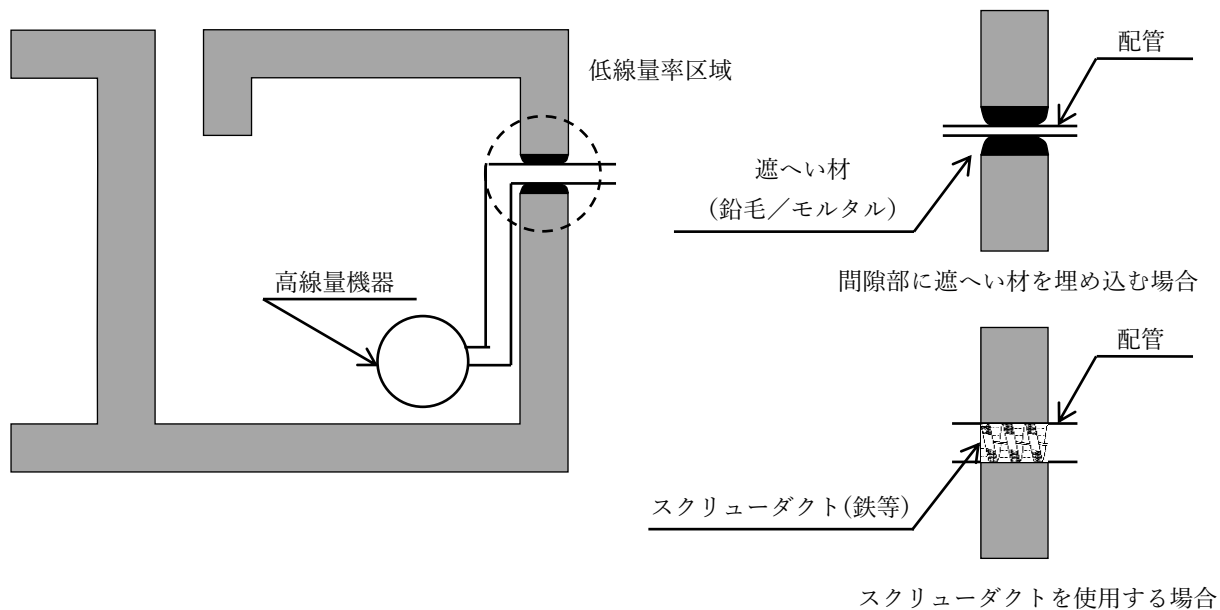


図-22 貫通孔の遮へい体 (例)

2. 遮へいの熱除去計算について

燃料デブリ等を取り扱うコンクリートセルは、燃料デブリ等から発生するガンマ線に照射されることによりコンクリート内部が発熱し温度が上昇する可能性がある。この温度上昇がコンクリートに影響を与えないことを評価した。

(1) 評価前提・方法

- a. 本評価では、コンクリートセルでの燃料デブリ等取扱時を考慮して、コンクリートセルでの燃料デブリ等の最大取扱量である を評価量とする。また、換気空調設備により第2棟建屋内の温度が一定（建屋内温度= T_{∞} ）と仮定する。コンクリート中におけるガンマ線フラックスの減衰を考慮するため、コンクリートに球状の燃料デブリ等が接しているとして、QADコードによりコンクリート中のガンマ線フラックスを計算した。
- b. コンクリート内の発熱量分布 Q' [W] を以下の式により求めた。

$$Q' = Q \times V$$

ここで、

Q	: ガンマ発熱密度 [W/m ³]
	$= 10^6 \times \rho \times K \times \Phi$
V	: 平板体積 [m ³]
ρ	: コンクリート密度 [g/cm ³]
K	: ガンマ発熱密度換算係数 [W・s・cm ² /g]
	$= C \cdot E \cdot (\mu_{\text{en}} / \rho)$
C	: 換算係数 [W・s/MeV]
E	: ガンマ線エネルギー [MeV]
(μ_{en} / ρ)	: コンクリートの質量エネルギー吸収係数 [cm ² /g]
	(アイソトープ手帳 11 版 1 刷)
Φ	: ガンマ線フラックス [photons/cm ² ・s]

- c. コンクリートを多層の平板から成るモデルに置き換えて b. で求めた発熱量を平板毎に与えて温度上昇を求め、平板毎に求めた温度上昇を合計して、コンクリート内の温度上昇とした。計算には、「伝熱工学資料改定第5版」日本機械学会より以下の式を用いた。

$$\Delta T_1 = T_1 - T_\infty = \frac{(R_d + R_2)R_1 Q_1' + R_1 R_2 Q_2'}{(R_1 + R_d + R_2)}$$

$$\Delta T_2 = T_2 - T_\infty = \frac{R_1 R_2 Q_1' + (R_1 + R_d)R_2 Q_2'}{(R_1 + R_d + R_2)}$$

ここで、
 T_1, T_2 : 面1及び面2の温度 [°C]
 $\Delta T_1, \Delta T_2$: 面1及び面2での温度変化 [°C]
 T_∞ : 外気温(コンクリートの外の温度) [°C]
 Q_1', Q_2' : 平板の面1及び面2での発熱量 [W]
 R_1, R_2 : 平板の面1及び面2での熱抵抗 [°C/W]
 R_d : 平板の内部の熱抵抗 [°C/W]

また、熱抵抗は、

$$\text{(表面)} \quad R_f = \frac{1}{h_f A'} \quad \text{(固体内)} \quad R_d = \frac{d_d}{k_d A}$$

ここで、
 h_f : 表面の熱伝達率 [W/m²・°C] (垂直平板の自然対流熱伝達率)
 k_d : コンクリートの熱伝導率 [W/m・°C]
 d_d : コンクリートの厚さ [m]
 A : コンクリートの面積 [m²]

(2) 評価結果

■の燃料デブリ等取扱時のコンクリートセルでは、コンクリート表面(線源側)から 7cm の位置で温度上昇が最大となり、その上昇値は約 0.7°C とごく僅かである。そのため、コンクリートセルの健全性に影響を及ぼさない。

第2棟の非管理区域、建屋外壁及び管理区域の線量に用いる線源の設定

第2棟の非管理区域、建屋外壁及び管理区域の線量に使用する燃料、ガンマ線及び中性子の線源強度を検討した。

(1) 燃料の比較

発電所1～3号機に装荷された燃料の燃料組成及び運転履歴に基づき、放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数を求めた。

なお、 UO_2 燃料の ^{235}U 濃縮度及びMOX燃料のPu富化度をパラメータとして、どのような燃料が線量評価上、厳しい評価となるのかを検討した。

a. 評価条件

表-14の燃料仕様等に基づき、評価条件を設定した。

(a) 計算コード：ORIGEN2.2-UPJ*

(b) UO_2 燃料： ^{235}U 濃縮度 [] 燃焼度 60GWd/t

MOX燃料：Pu富化度 [] 燃焼度 10GWd/t

(c) 冷却期間：12年間

* 使用済燃料等の核種生成量並びにガンマ線及び中性子の線源強度の評価が可能な計算コード

表-14 燃料仕様等

	1号機	2号機	3号機	
種類	UO_2 燃料	UO_2 燃料	UO_2 燃料	MOX燃料
^{235}U 濃縮度又は Pu富化度 [wt%]				
ペレット最大燃焼度[GWd/t]	54.7	56.7	57.0	8.5

b. 評価結果

a. の評価条件に基づいた放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数の評価結果を表-15に示す。

表-15 1～3号機の1gあたりの放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数

	1号機	2号機	3号機	
種類	UO_2 燃料	UO_2 燃料	UO_2 燃料	MOX燃料
放射能 [Bq]	2.2×10^{10}	2.3×10^{10}	2.3×10^{10}	1.7×10^{10}
ガンマ線発生数 [photons/s]	1.0×10^{10}	1.1×10^{10}	1.1×10^{10}	2.4×10^9
中性子発生数 [neutrons/s]	3.8×10^3	4.2×10^3	3.8×10^3	6.9×10^2

ガンマ線発生数は燃焼度の違いによる影響を大きく受ける。本評価では、1～3号機のUO₂燃料の燃焼度を同じ60GWd/tとしているため、ガンマ線発生数に大きな違いは見られない。また、中性子発生数について、1～3号機の燃焼度は同じであるが、2号機は1、3号機に比べて燃焼期間が短い。このため、中性子吸収反応で生成される主要な中性子源である²⁴⁴Cmの生成量が増え、2号機が高くなっている。

評価の結果、UO₂燃料、²³⁵U濃縮度[]及び2号機の運転履歴に基づき評価したとき、放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となった。

ここまで発電所1～3号機に装荷された燃料の比較を行った。また、燃料デブリ等には、燃料のほか放射化した炉内の構造材が含まれる可能性がある。このため、燃料デブリ等に含まれる可能性の高い燃料被覆管及び炉内の構造材のうち放射化量の多い炉心シュラウド*について評価し、UO₂燃料の評価結果と比較する。

* 出典：H.D.Oak, et al., “Technology, Safety and Costs of Decommissioning a Reference Boiling Water Reactor Power Station”, NUREG/CR-0672-Vol.2 (1980).

(2) UO₂燃料と構造材との比較

燃料被覆管及び炉心シュラウドは中性子照射により放射化されるため、放射能及びガンマ線発生数を求め、UO₂燃料の評価結果と比較した。

なお、燃料被覆管の評価には、UO₂燃料と同じ燃焼履歴で1～3号機の評価を行い、最もガンマ線発生数が多い2号機を採用した。また、炉心シュラウドは中性子照射期間が長い3号機の炉心シュラウドを想定した。

a. 評価条件

(a) 計算コード：ORIGEN2.2-UPJ

(b) 燃料被覆管：ジルカロイ-2

炉心シュラウド：SUS316L

(c) 冷却期間：12年間

b. 評価結果

燃料被覆管及び炉心シュラウドの評価結果及び2号機の運転履歴で評価したUO₂燃料の結果を表-16に示す。

表-16 燃料被覆管及び炉心シュラウドの1gあたりの放射能、ガンマ線発生数及び中性子発生数

種類	燃料被覆管	炉心シュラウド	UO ₂ 燃料
放射能[Bq]	5.7×10^7	8.8×10^8	2.3×10^{10}
ガンマ線発生数[photons/s]	9.3×10^7	4.5×10^8	1.1×10^{10}
中性子発生数[neutrons/s]	—	—	4.2×10^3

検討の結果、燃料デブリ等のすべてがUO₂燃料(²³⁵U濃縮度：[])で構成され、また、2号機の運転履歴で評価した場合が、ガンマ線発生数及び中性子発生数が最大となり、線量評価上、最も厳しい条件となる。

(3) 線量評価に用いる燃料デブリ等単位質量あたりのガンマ線発生数及び中性子発生数

(1), (2)の結果から, 線量評価で使用する 1g あたりの放射能, ガンマ線発生数及び中性子発生数を表-17 に示す。

表-17 線量評価で使用する 1g あたりの放射能, ガンマ線発生数及び中性子発生数

放射能 [Bq]	ガンマ線発生数 [photons/s]	中性子発生数 [neutrons/s]
2.3×10^{10}	1.1×10^{10}	4.2×10^3

また, 上記の線源について, 主要なガンマ線及び中性子放出核種を表-18 に示す。

表-18 主要なガンマ線及び中性子放出核種

ガンマ線		中性子	
放出核種	寄与割合	放出核種	寄与割合
^{137}Cs *	57.3%	^{244}Cm	95.5%
^{90}Sr *	29.0%	^{246}Cm	3.0%
^{134}Cs	6.0%	^{252}Cf	0.9%
^{154}Eu	3.5%	その他(上記以外の核種)	0.6%
^{244}Cm	1.4%	合計	100%
^{241}Am	0.8%		
^{125}Sb *	0.5%		
^{238}Pu	0.4%		
^{155}Eu	0.4%		
その他(上記以外の核種)	0.7%		
合計	100%		

* 放射平衡中の娘核種を含む

臨界防止について

1. 一般事項

第 2 棟における臨界防止について説明するものである。

1.1 臨界防止に関する基本方針

(1) 第 2 棟の質量管理方法

第 2 棟の臨界安全評価において、燃料デブリ等の最小臨界質量を [] と評価した。また、二重装荷を考慮して最小臨界質量に安全係数 (0.43) を乗ずることで、二重装荷した場合でも臨界に達しない燃料デブリ等の取扱量を [] と評価した。上記の評価結果から、第 2 棟では燃料デブリ等の核的制限値を [] と制限し、質量管理を実施する。

なお、試料ピットは燃料デブリ等を収納する試料ピットの []、間隔等を制限することで、制限以上に収納することができない構造とする。

燃料デブリ等の受入及び施設内の移送の都度、計算機又は伝票を用いて臨界管理上安全であること（受入、移送に伴う各取扱場所での存在量が核的制限値を超えないこと）を確認する。実際の受入及び移送にあたっては、作業担当者以外から立会者を指名し立会わせることで、移送物・伝票等の内容に相違のないこと及び受入先における存在量が核的制限値以下であることを確認する手順とする。また、燃料デブリ等の質量測定時の表示値の読み間違いを防止するために、繰り返し測定することを手順に定める。

質量測定器の誤作動による表示値の相違による核的制限値の超過を防止するために、燃料デブリ等の質量測定を行う前に、標準器（分銅）を用いて表示値の確認をすることを手順に定める。また、作業者と立会者の 2 名以上で確認及び作業を行うことで、人的過誤を防止する。

上記のことから、仮に機器の単一の故障、誤動作又は作業者の誤操作の発生を考慮したとしても、臨界管理上の核的制限値を逸脱することはない。

フードからグローブボックス又は $\alpha \cdot \gamma$ 測定室へ燃料デブリ等を移送する際は、気密を考慮した容器に収納し、専用の台車で取り扱うことで落下を防止する。

(2) 第 2 棟の核的制限値及び臨界管理方法

コンクリートセルでは、燃料デブリ等を分析・試験で取り扱う際、形状等が変化する前処理を行うためコンクリートセル、鉄セル、グローブボックス、フード、 $\alpha \cdot \gamma$ 測定室の全体の燃料デブリ等について、最大取扱量以下とする質量管理を行う。試料ピットは、燃料デブリ等を一時的に保管する臨界防止を考慮した形状の設備で、[] に設置する。[] があり、[] に燃料デブリ等 [] を収納した保管容器を [] まで積み上げて一時的に保管する。最大容量は []、[]^{*1} とする質量管理及び形状管理^{*2} で臨界管理を行う。燃料デブリ等の核的制限値及び臨界管理方法を表-19 に示す。

*1：第 2 棟では、1 回の燃料デブリ等の受入量を最大 [] 以下として、年間最大 12 回の受入を想定している。何らかの理由で 1 年程度燃料デブリ等を払い出せない場合でも分析・試験を継続するため、

保管容量は2年（24回の受入）分の受入量に1割の裕度を考慮し、 単位で切り上げて設定した（ （ 単位で切上げ））。

※2：複数の燃料集合体を収納する場合には収納間隔を制限したラック，溶液状の核燃料物質を取り扱う場合には厚さを制限した平板型，円環状の槽を用いる等，核燃料物質を収納する容器等の形状や寸法を制限することで，臨界とならないよう管理することを一般的に形状管理という。第2棟の形状管理では，燃料デブリ等を収納する試料ピットの ，間隔等を制限することで，臨界とならないよう管理する。

表-19 燃料デブリ等の核的制限値及び臨界管理方法

取扱場所	核的制限値	臨界管理方法
コンクリートセル No.1～4， 鉄セル，グローブボックス， フード， $\alpha \cdot \gamma$ 測定室：合計	 	質量管理
試料ピット 	 	質量管理
	 	
	 	形状管理
	 	
	 	

1.2 臨界管理の方法について

1.2.1 臨界防止の対応

第2棟では，質量管理による臨界管理を原則とし，試料ピットについては質量管理及び形状管理により臨界管理を行う。質量管理を行うため，コンクリートセルNo.2及びNo.4並びに鉄セルに質量測定器を設置し，燃料デブリ等の質量を測定する。質量測定器の設置場所を図-23に示す。

なお，受け入れる燃料デブリ等は，燃料，燃料被覆管等が熔融・固化した状態も想定され，それらに含まれる核燃料物質量を正確に把握することは困難である。そのため，燃料デブリ等のすべてを核燃料物質とみなし管理する。燃料デブリ等を含む固体廃棄物（付着等により分離できないもの）は，試料として取り扱い，臨界管理の観点から質量管理をする。また，燃料デブリ等を含む液体廃棄物も固化処理後に，同様の管理を実施する。

燃料デブリ等の受入及び施設内の移送の都度，計算機又は伝票を用いて臨界管理上安全であること（受入，移送に伴う各取扱場所での存在量が核的制限値を超えないこと。）を確認する。さらに，実際の受入及び移送にあたっては，作業を担当する者以外の者から立会者を指名し，立会わせることで，移送物，伝票等の内容に相違のないことを確認する。また，核的制限値の異なる取扱場所へ燃料デブリ等を移動する時は，計算機又は伝票により移動先の取扱場所における存在量が核的制限値以下であることを確認した後に移動を行うとともに，実際の移動にあたっては，作業を担当する者以外の者から立会者を指名し，立会わせることで，移動状況の現場確認を行う。

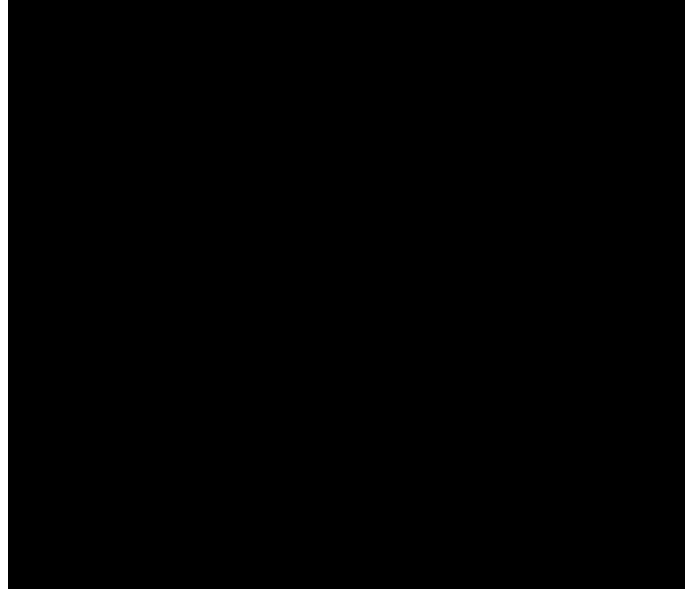


図-23 第2棟の質量測定器の設置場所

1.2.2 臨界防止の手順

燃料デブリ等の受入、払出、一時保管等の手順について記載する。

なお、実際に燃料デブリ等を移送する際、作業を担当する者以外の者から立会者を指名し、立会わせることで移送状況の現場確認を行う。また、燃料デブリ等の分析・試験で得られた $^{235}\text{U} + \text{Pu}$ 量が、臨界管理上、保守的な条件で評価した値を超えていないことの確認を含め、臨界管理の具体的な方法については、マニュアルを整備する。

(1) 燃料デブリ等の受入に伴う管理

燃料デブリ等を受け入れる際は、コンクリートセルNo.1～4、鉄セル、グローブボックス、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室の燃料デブリ等の合計質量が最大取扱量である ■■■ 以下となるよう管理する。管理方法を以下に示す。

- a. 受入に先立ち、収納容器ID及び試料容器ID並びに総質量（内容物＋容器）、容器質量（収納容器＋試料容器）の情報提供を受ける。
- b. 計算機又は伝票の記録により、コンクリートセルNo.1～4、鉄セル、グローブボックス、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室に存在する燃料デブリ等の量を確認し、受け入れる燃料デブリ等との合計が最大取扱量 ■■■ 以下であることを確認した後、燃料デブリ等を受け入れる。
- c. 受入後、コンクリートセルNo.1にて収納容器IDの確認及びコンクリートセルNo.2にて収納容器の総質量を測定、試料容器を取出して試料容器IDの確認及び質量測定を実施する。
- d. コンクリートセルNo.4にて試料容器から燃料デブリ等を取出し、内容物の質量を測定する。
- e. 受入物ごとに、燃料デブリ等の質量、取扱場所等について、計算機又は伝票に記録し管理する。

なお、上記d.の作業前に、受け入れた燃料デブリ等を試料ピットへ一時的に保管する場合は、総質量及び試料容器質量から内容物質量を評価して、計算機又は伝票に記録する。

(2) 燃料デブリ等の払出に伴う管理

燃料デブリ等を発電所の払出先施設へ払い出す際の管理方法を以下に示す。

- a. コンクリートセルNo. 2 にて払い出す燃料デブリ等を収納した収納容器ID及び試料容器IDの確認並びに総質量（内容物＋容器）の測定を実施する。
- b. 払い出しに先立ち、計算機又は伝票の記録により払い出す燃料デブリ等を収納した収納容器ID及び試料容器ID並びに総質量、容器質量を払出先の施設へ通知する。
- c. 収納容器を払い出す際は、収納容器IDを確認し、払い出す容器で間違いがないことを確認する。
- d. 払い出した後、計算機又は伝票の情報を更新し管理する。

(3) 燃料デブリ等の一時的な保管に伴う管理

燃料デブリ等を試料ピットへ一時的に保管する際は、試料ピットの燃料デブリ等の合計質量が最大取扱量である $\blacksquare$ 以下となるよう管理する。管理方法を以下に示す。

- a. 計算機又は伝票の記録により、試料ピットへ収納する保管容器内の燃料デブリ等が $\blacksquare$ 以下であること及び試料ピットの保管量を確認し、それらの合計が最大取扱量 $\blacksquare$ 以下であることを確認した上で、試料ピットへ保管容器を収納する。
- b. 保管容器を試料ピットへ収納する際は、試料容器IDを確認し、収納する容器で間違いがないことを確認する。
- c. 試料ピット内の保管場所については、計算機又は伝票に記録し管理する。

(4) 試料ピットからの燃料デブリ等の取出に伴う管理

燃料デブリ等を試料ピットから取り出す際は、コンクリートセルNo. 1～4、鉄セル、グローブボックス、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室の燃料デブリ等の合計質量が最大取扱量である $\blacksquare$ 以下となるよう管理する。管理方法を以下に示す。

- a. 計算機又は伝票の記録により、試料ピットから取り出す試料容器ID及び収納されている燃料デブリ等の量並びにコンクリートセルNo. 1～4、鉄セル、グローブボックス、フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室に存在する燃料デブリ等の量を確認し、その合計が最大取扱量 $\blacksquare$ 以下であることを確認した上で、試料ピットから保管容器を取り出す。
- b. 試料ピットから保管容器を取り出す際は、試料容器IDを確認し、取り出す容器で間違いがないことを確認する。
- c. 燃料デブリ等の取扱場所については、計算機又は伝票の情報を記録し管理する。

1.2.3 臨界発生時の対応

上記の手順により臨界の発生を防止しているが、万一、臨界が発生した場合は、 γ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタが、臨界に伴う線量率の上昇を検知できるとともに、警報発報が可能な設計としている。臨界を検知した際は、まず人命第一とし建屋外に避難する。その後、臨界発生時の状況から臨界が発生した原因を推測し、臨界を抑える方策を講ずる。また、万一、臨界が発生した場合に備え、中性子吸収材や放射線管理資機材を施設内に準備する。

エリアモニタについては、 γ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタの線種毎に第2棟内の複数箇

所に設置することで多様性及び多重性を確保する。また、エリアモニタごとに独立した電源を有しており、電源喪失時には非常用電源から電源が供給されるまでの間エリアモニタを稼働させる独立性を有した設計としている。

臨界に伴う線量率の上昇等の検知のため、複数箇所にγ線エリアモニタ、中性子線エリアモニタはサービスエリア及びオペレーションエリアに各1台設置する。各エリアモニタは、電源喪失、故障発生時には制御盤へ故障信号を発信する。

警報吹鳴の対応については、運用開始前までにマニュアル化する。

第2棟の運用に当たっては、万一、臨界が発生した場合を想定して以下の項目を含むマニュアルを運用開始前までに整備する。

- ・ 建屋外への避難方法
- ・ 通報連絡体制
- ・ 放射線状況の確認方法等
- ・ 中性子吸収材の取扱方法
- ・ 放射線管理資機材の取扱方法

2. 第2棟の試料ピットの設計について

2.1 燃料デブリ等の一時的な保管について

第2棟は、燃料デブリ等を一時的に試料ピットに保管する。そのため、試料ピットは、「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」で定められる貯蔵施設に要求される次の措置への適合性を満たした設計とする。

- ・ 核燃料物質を貯蔵するために必要な容量を有するものであること。
- ・ 核燃料物質を搬出入する場合その他特に必要がある場合を除き、施錠又は立入制限の措置を講じたものであること。
- ・ 標識を設けるものであること。
- ・ 核燃料物質を冷却する必要がある場合には、冷却するために必要な設備を設けなければならない。

上記に対し第2棟では、

- ・ 1回当たりの燃料デブリ等の受入量を最大[]以下として、年間最大12回の受入を想定している。このとき、保管容量は2年(24回の受入)分の受入量に1割の裕度を考慮し、[]単位に切り上げて設定し、燃料デブリ等を一時的に保管することが可能な容量を有する設計としている。
([]単位で切上げ)
- ・ 燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットは[]にあり、人がみだりに立ち入ることはできない構造である。
- ・ 燃料デブリ等を一時的に保管する試料ピットに対して、必要な標識を設ける。
- ・ 燃料デブリ等は、平成23年3月11日に起きた東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故の発生から年月が経過しており、崩壊熱は十分小さいことから、冷却の必要はない。

2.2 燃料デブリ等の臨界防止について

第2棟は、燃料デブリ等を一時的に試料ピットに保管する。そのため、試料ピットは「使用施設等の位

置、構造及び設備の基準に関する規則」で定められる核燃料物質の臨界防止に要求される、次の措置への適合性を満たした設計とする。

- ・ 核燃料物質が臨界に達するおそれがないようにするため、核的に安全な形状寸法にすること及びその他の適切な措置を講じたものとする。
- ・ 使用前検査対象施設には、臨界警報設備その他の臨界事故を防止するために必要な設備を設けなければならない。

上記に対し第2棟では、

- ・ 燃料デブリ等を収納する試料ピットの[]、間隔等を制限することで、臨界とならない設計とする。また、二重装荷時（保管容器に[]を超える燃料デブリ等を収納する等）においても臨界に達しない取扱量とする。
- ・ 万一、臨界が発生した場合は、 γ 線エリアモニタ及び中性子線エリアモニタにより、臨界に伴う線量率の上昇を検知できるとともに、警報発報が可能な設計とする。

3. 質量管理の方法について

第2棟の臨界安全評価において、燃料デブリ等の最小臨界質量を[]と評価した。また、二重装荷を考慮して最小臨界質量に安全係数(0.43)を乗ずることで、二重装荷した場合でも臨界に達しない燃料デブリ等の取扱量を[]と評価した。

上記の評価から、第2棟では燃料デブリ等の核的制限値を[]と制限し、質量管理を実施する。

第2棟の質量管理に用いる質量測定器の信頼性を確保する方策と、測定結果に要求する精度を以下に示す。

(1) 質量測定の手順^{*1}

- a. 分銅を用いて、質量測定器^{*2}の校正を行う。
- b. 分銅を測定し、校正が正しく実施できたことを確認する。
- c. 燃料デブリ等、試料容器が収納された収納容器を繰り返し測定する。
なお、導入予定である質量測定器で測定可能な最小値は1gである。
- d. 計算機又は伝票を用いて、平均値を求め、平均値の小数点第一位(単位:g)を切り上げ、燃料デブリ等、試料容器が収納された収納容器の質量を求める^{*3}。
- e. 移送先の核的制限値を逸脱しないことを確認する。

*1: 質量測定の手順は、作業員以外での確認も行えるよう2名以上で行う。

*2: 測定可能な最大値が約30kgの仕様とする。また、予備機をセル外に用意する。

*3: 平均値から収納容器及び試料容器の質量を差し引き、燃料デブリ等のみの質量を算出する。

4. 臨界安全評価

臨界安全評価では、コンクリートセルと試料ピットについて未臨界性を確認する。

なお、未臨界性の判断基準は、中性子実効増倍率(k_{eff})に標準偏差の3倍(3σ)を加えた値が0.95以下^{*1}となることとする。また、コンクリートセル及び試料ピットについては誤操作による二重装荷を考慮し、安全裕度(0.43^{*2})を確保する。

- *1:「臨界安全ハンドブック第2版」, 日本原子力研究所, JAERI-1340, (1999)
- *2:「Guide de Criticité」, CEA-R3114, COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE, (1967)

4.1 燃料デブリ等の組成

(1) 想定される燃料デブリ等の性状

燃料デブリ等は, 燃料と燃料被覆管等が熔融・固化した状態(酸化物, 合金, 炉心溶融物-コンクリート混合物等)が想定される。

- 燃料と燃料被覆管等が混ざり合うことで, 同量の燃料と比べて核燃料物質は少なくなる。
- 発電所の1号機から3号機にはガドリニア (Gd_2O_3) を添加した燃料が装荷されており, 燃料デブリ等中に中性子吸収効果の高いガドリニウムが含まれている可能性がある。
- 燃料の燃焼度は, 原子炉内で使用された期間や炉心内の燃料配置等により異なる。燃料デブリ等には, 高い燃焼度の燃料と低い燃焼度の燃料が混在している可能性があり, 燃焼することで核分裂性物質が減少している。
- 燃料デブリ等の性状は原子炉内で均一ではなく, 採取する号機やその位置により異なる。

(2) 保守的な評価条件の想定

「(1) 想定される燃料デブリ等の性状」に示した燃料デブリ等について, 臨界安全評価上, 以下の保守的な条件を想定した。

- 燃料デブリ等のすべてが核燃料物質で構成されていると想定する。
- 燃焼した燃料より核分裂性物質を多く含む新燃料を想定する。
- 中性子吸収効果を有するガドリニウムを考慮しない。
- 酸化物と比較して核分裂性物質の重量割合が高くなる金属とする。
- 燃料の組成は, U に比べて臨界性の高い Pu を含む発電所の3号機の MOX 燃料 (以下「MOX 燃料」という。) とし, 保守的に金属 Pu のみの組成として評価する。
- 中性子を吸収する核種である ^{241}Am を MOX 燃料から除いた組成とする。
- 誤操作による二重装荷を考慮し, 安全裕度を確保する。
- 中性子実効増倍率が高くなる条件として, 水やコンクリートによる反射体を想定する。

本臨界安全解析に用いる燃料デブリ等の条件を表-20 に示す。

表-20 臨界安全解析における燃料デブリ等の条件

解析対象	燃料デブリ等
核燃料物質	MOX 燃料
Pu 富化度 (wt%) *1	■
^{235}U 濃縮度 (wt%) *2	■

$$*1: \text{Pu 富化度} = \frac{\text{燃料デブリ等の Pu 質量}}{\text{燃料デブリ等(核燃料物質金属)の質量}} \times 100$$

$$*2: {}^{235}\text{U} \text{濃縮度} = \frac{\text{燃料デブリ等の } {}^{235}\text{U} \text{質量}}{\text{燃料デブリ等(核燃料物質金属)の質量}} \times 100$$

4.2 使用する解析コード

第2棟の臨界安全解析に使用する解析コードの概要を示す。

- ・ コード名：MVP2（連続エネルギーモンテカルロコード）
- ・ 使用目的：コンクリートセル，試料ピットの未臨界性評価
- ・ 開発機関：日本原子力研究開発機構
- ・ 核燃料物質，構造材等の幾何形状等を入力し，中性子の発生，飛行，衝突といった事象を追跡，これを処理することで中性子実効増倍率を求めるものである。

4.3 コンクリートセルの評価

第2棟ではコンクリートセル No.1～4，鉄セル，グローブボックス，フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室の燃料デブリ等の取扱量を [] 以下に制限する質量制限にて臨界管理を行う。臨界評価として，最大取扱量が [] であるコンクリートセルの単一ユニットとしての臨界安全評価を行う。

燃料デブリ等の切断，粉碎，溶解処理等の前処理はコンクリートセル No.4 で行うことから，コンクリートセルの臨界安全解析では保守的な条件として，粉碎により粉体とした燃料デブリ等を溶解処理により溶液とする過程を想定する。なお，溶解処理に使用する燃料デブリ等は 1 回当たり [] オーダーであるが，コンクリートセルにおける最大取扱量が [] であることから，燃料デブリ等 [] を全て溶解させたものとして，このとき臨界に達しないことを確認する。

(1) 非均質性の考慮について

第2棟では，燃料デブリの分析の前処理として溶解を実施する。

- ・ 溶解では粉体状の燃料デブリ等を溶かすため，粉体（粒子）が溶液中に分散して存在する状態（非均質な状態）となる可能性がある。また，粉体が徐々に溶けていくため，粒子径は徐々に小さくなる。
- ・ 過去の知見から燃料デブリの溶解は難しく，非常に溶けにくいいため，残さが発生する可能性がある。また，既存施設にて実施された TMI-2 燃料デブリ試料に対するアルカリ融解の適用確認のなかで，一部の試料の溶解時に沈殿物が発生することが確認されている。これら残さ，沈殿物が溶液中に分散することで非均質な状態となる可能性がある。

以上を踏まえ，均質体系での解析に加えて，Pu が粒子状で存在する非均質体系について Pu 濃度等が不均一な状態の解析を実施し，中性子実効増倍率が 0.95 となる Pu の重量を評価した。

(2) 解析条件

コンクリートセルでは，燃料デブリ等の受入，外観確認，切断，溶解等を行うため，固体，粉体及び液体の形態が想定される。このうち，液体による中性子の減速や非均質性の影響により最も保守的な条件になると考えられる溶解処理を考慮し，減速系の解析モデルを用いて臨界に達しない重量を評価した。

- a. 解析コード：MVP2（連続エネルギーモンテカルロコード）

b. 解析モデル

解析モデルを図-24 に示す。

- ・ 表面積が小さく、中性子の漏れの少ない球とする。
- ・ 燃料デブリ等は Pu と水の混合物とする。なお、Pu と水の混合物は均質にモデル化した場合と非均質にモデル化した場合を考慮する。
- ・ 均質体系での解析では、Pu と水の混合物の直径 (D) について、Pu の濃度をパラメータとして保守的な結果が得られるよう設定する。また、コンクリートセルの臨界安全解析では、既存核燃料サイクル施設の使用済燃料の溶解工程での臨界安全評価と同様に Pu と水の混合物（非均質性）を想定し、粒子状の Pu の粒径と粒子間の距離を変化させることで中性子実効増倍率が最大となるよう直径 (D) を設定した。なお、混合物中の Pu 粒子間の距離については、Pu に対する水の体積比を変化させることで変化した。Pu と水の混合物内のイメージを図-25 に示す。
- ・ 均質体系の不均一な状態として、燃料領域内で Pu 濃度に差がある場合を想定する。
- ・ 非均質体系の解析では、Pu が粒子状に存在するものとし、Pu と水の混合物における直径 (D) について、Pu の粒径及び粒子間距離をパラメータとして保守的な結果となるように設定する。
- ・ 非均質体系の不均一な状態として、燃料領域内で Pu 粒子の配列にばらつきがある場合を想定する。
- ・ 十分な中性子の反射効果が得られる厚さ (300mm) の水反射と仮定する。

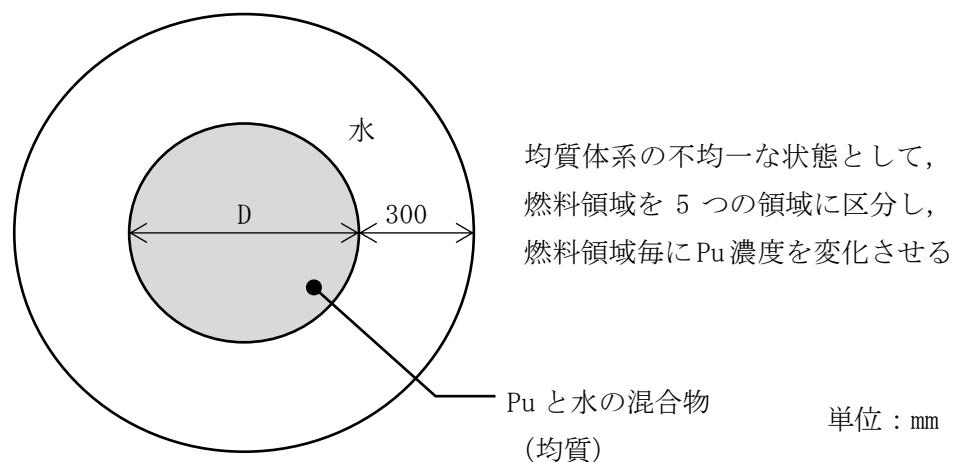


図-24 均質体系の解析モデル

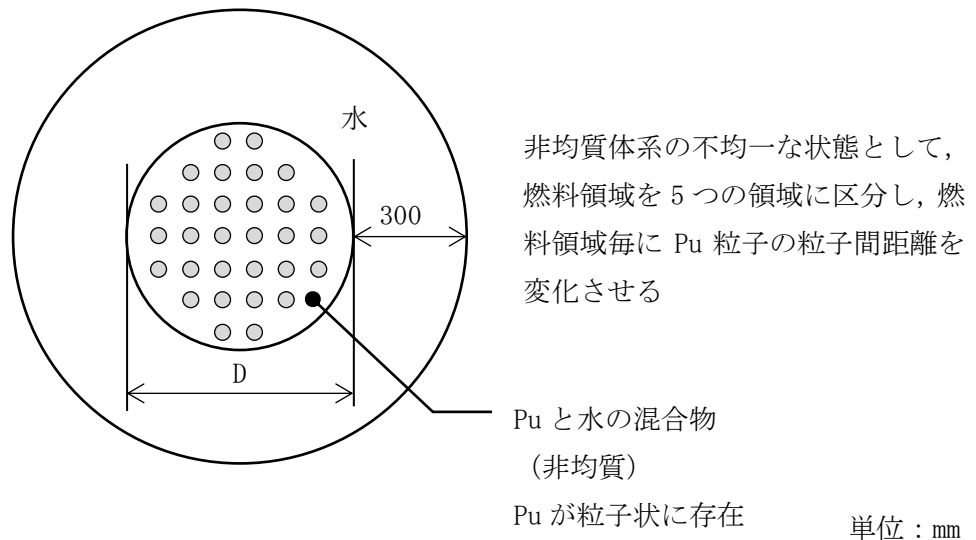


図-25 非均質体系の解析モデル

c. 均質体系の評価手順

均質体系にて中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。評価は以下の手順で実施した。

- ・ Pu重量毎の最大の中性子実効増倍率を求めるために、水対燃料体積比をパラメータとしてPu重量毎の中性子実効増倍率の評価を行う予備解析を実施した。なお、評価条件は以下の通りとする。
 - 解析コードMVP2（連続エネルギーモンテカルロコード）を用いる。
 - Pu重量は[]と仮定する。
 - 仮定したPu重量を基に、Puの濃度をパラメータとしてPuと水の混合物の直径を設定する。なお、Puの濃度については水対燃料体積比（ V_m/V_f ）を30～40で変化させることで、約32～42g/Lで変化させた。ここで、 V_m は水の体積、 V_f は燃料（Pu）の体積をいう。
 - Puと水の混合物の周囲に、十分な中性子の反射効果が得られる厚さ（300mm）を設定する。
- ・ Pu重量毎の最大の中性子実効増倍率を用いて内挿により中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。
- ・ []が、中性子実効増倍率が0.95となるPu重量以下であることを確認する。合わせて、各体系で最も低い中性子実効増倍率が0.95となるPu重量に安全係数を乗じた、二重装荷を考慮しても臨界に達しないPu重量以下であることも確認する。

d. 非均質体系の評価手順

非均質体系にて中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。評価は以下の手順で実施した。

- ・ Pu重量毎の最大の中性子実効増倍率を求めるために、粒子径及び水対燃料体積比をパラメータとしてPu重量毎の中性子実効増倍率の評価を行う予備解析を実施した。なお、評価条件は以下の通りとする。
 - 解析コードMVP2（連続エネルギーモンテカルロコード）を用いる。
 - Pu重量は[]と仮定する。
 - 仮定したPu重量を基に、Puと水の混合物中にPu粒子を正方格子状に配置し、その粒子径及び間隔をパラメータとしてPuと水の混合物の直径を設定する。

なお、粒子径については0.25～1.5mm、Pu粒子の間隔については水対燃料体積比（Vm/Vf）を25～40で変化させることで、約0.60～4.0mmで変化させた。

- Puと水の混合物の周囲に、十分な中性子の反射効果が得られる厚さ（300mm）を設定する。
- ・ Pu重量毎の最大の中性子実効増倍率を用いて内挿により中性子実効増倍率が0.95となるPu重量を評価する。
- ・ [REDACTED]が、中性子実効増倍率が0.95となるPu重量以下であることを確認する。合わせて、各体系で最も低い中性子実効増倍率が0.95となるPu重量に安全係数を乗じた、二重装荷を考慮しても臨界に達しないPu重量以下であることも確認する。

(3) 結果

各体系で中性子実効増倍率が0.95となるPuの重量を評価した結果を表-21に示す。

表-21 各体系での臨界に達しないPu重量

体系	臨界に達しないPu重量
均質／均一	[REDACTED]
均質／不均一	[REDACTED]
非均質／均一	[REDACTED]
非均質／不均一	[REDACTED]

解析の結果から、非均質／不均一体系の場合が厳しい結果となる。

以上から臨界に達しないPuの重量は、非均質／不均一体系の解析結果[REDACTED]を0.1kg未満で切り捨てた[REDACTED]と評価する。

この重量に対して、誤操作による二重装荷を考慮した係数0.43を乗じると[REDACTED]となる。

表-20に示したPu富化度[REDACTED]及び²³⁵U濃縮度[REDACTED]から、コンクリートセルで取り扱う[REDACTED]の燃料デブリ等に含まれる²³⁵U及びPuは最大で[REDACTED]であり、[REDACTED]を下回っている。

[REDACTED]

よって、[REDACTED]は二重装荷を考慮しても臨界に達することはない。

4.4 試料ピットの評価

試料ピットでは、以下の質量管理及び形状管理にて臨界管理を行う。

- ・ 試料ピットは、[REDACTED]から成り、[REDACTED]に燃料デブリ等（[REDACTED]以下）を収納した保管容器を[REDACTED]まで積み上げて保管する。最大容量は[REDACTED]、[REDACTED]である。
- ・ [REDACTED]、[REDACTED]及び[REDACTED]の間隔[REDACTED]で形状を制限する。

試料ピットの臨界安全評価では、燃料デブリ等を収納した保管容器1つに対して単一ユニットの評価を行い、中性子実効増倍率が高くなる条件を検討し、この結果を基に、試料ピットに保管容器を配置して複数ユニットとし、更に試料ピットの上に保管容器1つ（単一ユニット）を置いた状態で試料ピット全体を評価する。また、燃料領域内でPu粒子の配列にばらつきがある不均一な状態を想定する。

(1) 解析モデル

試料ピット全体の解析では MVP2 で解析モデルを作成しており、解析モデルは実際の試料ピットの構造を基に作成している。また、保守的な解析モデルとするため、燃料領域の周囲をコンクリートとし、さらに上方の中性子反射効果を十分に見込むため、十分な厚さの水反射体（300mm）を設定する。さらに、保管容器中の燃料デブリ等のある中性子相互作用を保守的に考慮するため、燃料デブリ等を収納している保管容器及び試料ピットの蓋を解析上、考慮しないものとする。試料ピットの構造と解析モデルの概要を図-26 及び図-27 に示す。



図-26 試料ピットの解析モデル（平面図）

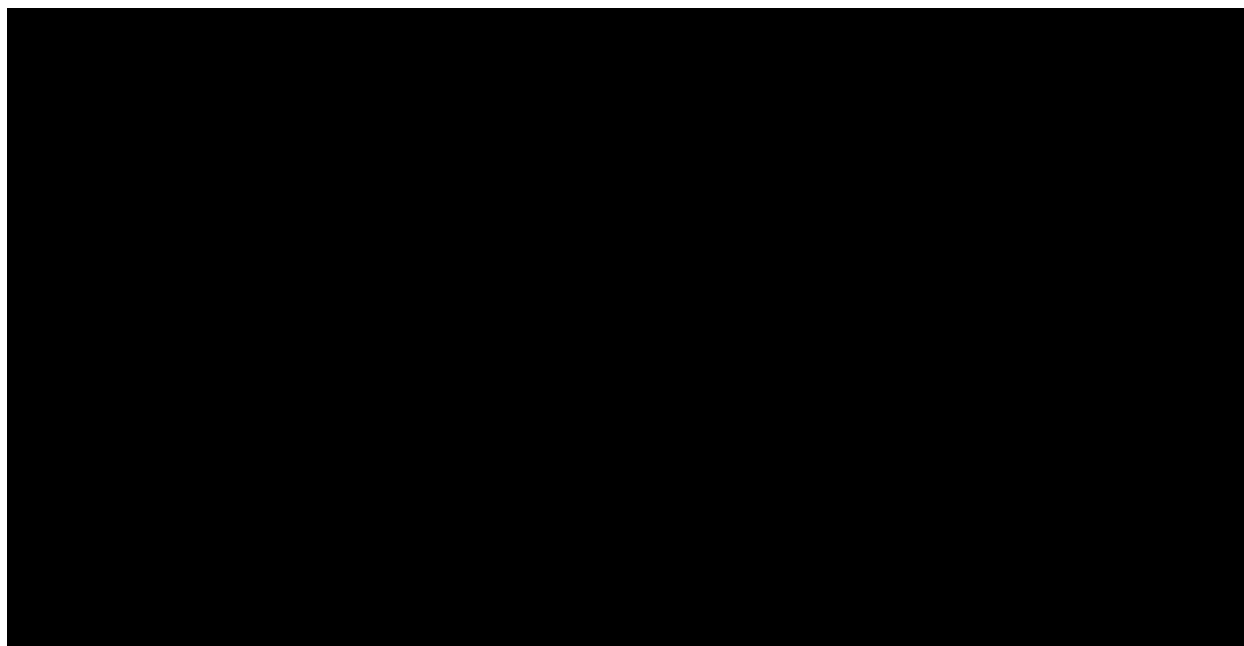


図-27 試料ピットの解析モデル（図-26 A-A 断面図）

(2) 解析条件

本評価で用いた解析条件を表-22 に示す。

表-22 解析条件

解析コード	SCALE6. 1（1次元臨界材質サーチ計算SMORES） MVP2（連続エネルギーモンテカルロ計算コード）											
燃料デブリ等の量	最大取扱量											
高さ												
Pu組成	<table><tr><td></td><td>Pu含有率 [wt%]</td></tr><tr><td>元素</td><td>Pu</td></tr><tr><td>核種</td><td></td></tr><tr><td>組成 [wt%]</td><td></td></tr><tr><td>核種重量 [g/tHM]</td><td></td></tr></table>			Pu含有率 [wt%]	元素	Pu	核種		組成 [wt%]		核種重量 [g/tHM]	
	Pu含有率 [wt%]											
元素	Pu											
核種												
組成 [wt%]												
核種重量 [g/tHM]												
Pu重量分布	1層:24. 4 % 2層:20. 8 % 3層:18. 6 % 4層:12. 1 % 5層:24. 0 %											
Pu粒径	0. 60 mm											
Pu粒子間距離	1層:約1. 5 mm 2層:約1. 6 mm 3層:約1. 7 mm 4層:約1. 9 mm 5層:約1. 5 mm											
その他条件	・ 試料ピット内が水で満たされている（水没した）条件とする（中性子が燃料デブリ等に吸収されやすく、中性子実効増倍率が高くなる条件）。 ・ 中性子実効増倍率が最も高くなる非均質／不均一な状態（燃料領域内でPuが粒子に存在し、その濃度等にばらつきのある状態）を想定する。 ・ の雰囲気は空気であるが、十分な中性子反射効果が得られる厚さ（300mm）の水が、反射体としてセル内に存在していると保守的に仮定する。 ・ 保管容器中の燃料デブリ等の間にある中性子相互作用を保守的に考慮するため、燃料デブリ等を収納している保管容器及び試料ピットの蓋を解析上、考慮しないものとする。 ・ 最大取扱量 に存在する。											

(3) 結果

試料ピットに、保管容器単体の解析結果に基づき、非均質／不均一とした保管容器を配置して中性子実効増倍率を計算した結果、0.92 である。これは、未臨界性の判断基準である 0.95 を下回り、臨界に達することはない。なお、評価に使用する解析モデルは、水没を考慮したモデルであるため、消火活動により ████████ に注水したとしても同様の結果となる。

取り扱う燃料デブリ等，標準試料の量について

第 2 棟で取り扱う燃料デブリ等，標準試料の量は以下のとおり。燃料デブリ等の最大取扱量を表-23，標準試料の最大取扱量を表-24 に示す。

表-23 燃料デブリ等の最大取扱量

主な取扱場所	最大取扱量 ^{*1, 2}
コンクリートセル No. 1～4	■
試料ピット	■
鉄セル	■
分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室（グローブボックス，フード等）	■

*1：第 2 棟全体での最大取扱量は■

*2：コンクリートセル，鉄セル，分析室（グローブボックス，フード）， $\alpha \cdot \gamma$ 測定室における燃料デブリ等の合計質量（各取扱場所における燃料デブリ等の取扱量の合計）は■以下となるよう管理する。

表-24 標準試料の最大取扱量と主な取扱場所

種類	主な取扱場所	最大取扱量 ^{*1, 2}
天然ウラン	グローブボックス，フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室	100mg
未照射燃料（天然ウラン，濃縮ウラン（濃縮度 20%未満），Pu 及びこれらの化合物）	コンクリートセル No. 1～4 及び鉄セル	■
^{233}U	鉄セル，グローブボックス，フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室	1mg
^{242}Pu	鉄セル，グローブボックス，フード及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室	1mg

*1：コンクリートセル及び試料ピットにおける標準試料の取扱量は，天然ウラン，濃縮ウラン（濃縮度 20%未満），Pu 及びこれらの化合物の合計で■以下とする。

燃料デブリ等と標準試料を同時に取り扱う場合，標準試料の取扱量及び組成に基づき，標準試料と燃料デブリ等における $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の合計質量を評価し，その質量が■の燃料デブリ等中の $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の質量を超えないよう管理する。

標準試料を試料ピットへ一時的に保管する場合は，燃料デブリ等と同様の試料容器及び保管容器へ収納する。その際，同じ容器に燃料デブリ等と標準試料を混在させないように管理するとともに， $^{235}\text{U}+\text{Pu}$ の合計質量が■で■，試料ピット合計で■を超えないよう管理する。

*2：鉄セル，分析室及び $\alpha \cdot \gamma$ 測定室においては，燃料デブリ等及び標準試料の取扱量が少量であり，臨界に達することはない。

火災防護に関する説明書及び消火設備の取付箇所について

1. 火災防護に関する基本方針

第2棟は、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ずる。また、内部火災による影響を防護するため、火災区域及び火災区画を選定し、必要な措置を講ずる。

2. 建屋の火災防護

2.1 火災の発生防止

(1) 不燃材料、難燃材料の使用

a. 主な構造材

第2棟は、主要構造部である壁、柱、床、梁、屋根及び階段は、不燃材料を使用し、間仕切り壁、天井及び仕上げは、建築基準法、建築基準法施行令及び建設省告示に基づく他、可能な限り不燃材料又は難燃材料を使用する設計とする。

b. 配管、盤類及びケーブル

建屋内の機器、配管、排気管、排気ダクト、ケーブルトレイ、ケーブルラック、電線路及び盤の筐体の主要構造体並びにこれらの支持構造物は、不燃材料を使用する設計とする。また、幹線ケーブル、動力ケーブル及び制御ケーブルは、燃焼試験により自己消火性及び延焼性を確認した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、消防法施行令、消防法施行規則及び消防庁告示に基づき、耐火ケーブル及び耐熱ケーブルを使用する設計とする。

c. 保温材

火災区域又は火災区画に設置される保温材は、不燃材料又は難燃材料を使用する設計とする。

d. 建屋内装材

火災区域又は火災区画に設置される建屋の内装材は、不燃、準不燃、難燃及び防火材料を使用する設計とする。

(2) 自然現象による火災発生防止

第2棟の建屋、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、建築基準法施行令及び建設省告示に基づき、避雷設備を設置する設計とする。

第2棟の建屋は、「東京電力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について（令和4年11月16日原子力規制委員会了承，令和5年6月19日一部改訂）」に基づき設計を行い、地震による建屋の破壊又は倒壊を防ぐことにより、火災発生を防止する。

(3) 過電流保護、漏電遮断器の使用

第2棟の分電盤等には、過電流保護機能を有する漏電遮断器や配線用遮断器を適切に設置する設計とする。また、第2棟に設置する変圧器及び遮断器は、可燃性物質である絶縁油を内包していない変圧器

及び遮断器を使用する設計とする。

2.2 火災の検知及び消火

(1) 火災検知器及び消火設備

第2棟の建屋に設置する火災検知器及び消火設備は、早期消火を行えるよう消防法、消防法施行令及び消防法施行規則に基づいた設計とする。

a. 火災検知器

(a) 火災検知器の設置条件

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、検知器の型式（熱・煙）を選定する。

設置する検知器の形式は、消防法施行規則に従い選定する。火災の早期発見を目的に、火災初期に発生する煙を検出する煙検知器を主に選定する。また、煙検知器を設置した場合に誤検知のおそれのある高湿度、塵埃が多いと想定される室については熱検知器を選定する。

(b) 火災検知器の種類

火災検知器は、第2棟に設置する火災検知器ごとに火災の発生場所を特定できるもので、平常時の状況を監視し、火災現象を把握することができるアナログ式の検知器を配置する設計とする。

(c) 火災検知器の電源確保

第2棟の火災検知器は、外部電源喪失時においても火災の検知を可能とするため、非常用電源設備からも給電される。また、非常用電源設備からの給電が無くとも、30分間給電可能な容量を有した蓄電池を内蔵する受信機から給電される。

(d) 火災検知時の発報

火災検知時は、第2棟内で警報が鳴ることで火災が生じたことを周知する。また、火災を検知した検知器は、赤色の確認灯が点灯し、動作したことが確認できる設計とする。

なお、火災検知時は、検知器から受信器に信号が送られて、常時人のいる制御室に発報する。また、免震重要棟には代表警報を発報する設計とする。

b. 消火設備

(a) 消火設備の設置条件

消火設備は、多様性を確保するために、耐震Cクラスの屋内消火栓設備と粉末消火器で構成する。屋内消火栓は、各階に半径25mの範囲に放水できるように配置し、消火器は歩行距離20mの範囲内となるように設置する設計とする。

(b) 消火ポンプの配置及び起動

非常用電源設備に接続した屋内消火栓設備の消火ポンプは、地下1階の換気空調設備室(2)に設置し、消火ポンプ本体付属の制御盤及び建屋各所に設置する屋内消火栓設備で起動することができる設計とする。

(c) 屋内消火栓設備配管の凍結防止対策

屋内消火栓設備の配管のうち、凍結のおそれがある配管に凍結防止対策のヒータを巻き付ける設計とする。

(d) 屋内消火栓設備の消火水槽

屋内消火栓設備の消火水槽は、地下1階の床下に設置する。消火水槽は、建屋と一体構造となり、耐震設計は、建屋に準じる。

屋内消火栓設備の消火水槽の容量（貯水量）は、約 16m^3 *（水槽容積：約 26m^3 ）とする。これは、東電自衛消防隊が第2棟に到着する時間（約60分を想定）までの初期消火が可能な放水量に相当する設計とする。

*：消防法施行令第11条により、ノズルの放水量 $130\text{l}/\text{分}$ から算出した容量： $130\text{l}/\text{分} \times 60\text{分} \times 2$
 $\div 10 = 15600\text{l} \approx 16\text{m}^3$

(e) 消防水利

屋外には消防庁告示に基づき、地下埋設型の消防水利の容量（貯水量）約 40m^3 （水槽容積：約 41m^3 ）を設置し、第2棟屋外での消火活動を行うことができる設計とする。

消防水利は、消防用設備機器の登録認定機関が定める耐震性を満足しているものを設置する設計とする。

(2) 自然現象に対する消火設備の性能維持

消火設備は、凍結防止、風水害対策等の措置を講じた設計とする。

2.3 火災の影響の軽減

(1) 建屋の火災影響低減対策

第2棟の建屋は、建築基準法及び建築基準法施行令に基づき、防火区画を設置し、消防設備と組み合わせることにより、火災の影響を軽減する設計とする。

なお、主要構造部の外壁（鉄筋コンクリート造）は、延焼を防止するために必要な耐火性能を有する設計とする。

(2) 内部火災による影響の防護対策

a. 火災防護を行う機器の選定

放射性物質に対して安全機能を有する構築物、系統及び機器であり、火災防護を行う必要がある機器等としてコンクリートセル及び試料ピットを選定する。

b. 火災区域及び火災区画の設定

火災防護を行う機器等（コンクリートセル及び試料ピット）の配置、系統分離の状況及び壁の設置状況を考慮し火災の影響を限られた範囲に留めるため、火災区域及び火災区画を設定する。

c. 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災影響低減対策

防護対象となるコンクリートセル及び試料ピットに隣接する、サービスエリア、ローディングドック、オペレーションエリア及び分析室で火災が生じた場合においても、コンクリートセル又は試料ピットには、1時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁[REDACTED]により他の火災区域から分離する設計とする。

2.4 外部火災について

外部火災に対しては、建屋内設備は建屋で防護し、屋外設備は消火活動により防護する。屋外での消火活動が可能のように、消防水利は消防庁告示に基づき、40m³以上の容量を確保する。

なお、屋外で消火活動を行う際は、第2棟近傍に設置される消防水利を水源とし、発電所内のポンプ車又は公設消防のポンプ車を接続して消火活動を行う。また、第2棟は耐火構造であり、消防法における屋外消火栓の設置基準面積9,000m²を下回ることから、屋外消火栓の設置は不要である。

米国農務省で開発された森林火災の解析コード（FARSITE）によると、第2棟付近の火線強度（森林火災の燃えている部分の火炎強度）は、3,000kW/m以下となる。原子力発電所の外部火災の影響評価ガイド 附属書Aに記載されている、風上に樹木がある場合の火線強度と最小防火帯幅*の関係の表から、火線強度3,000kW/mに要求される防火帯幅は18.3m以上となる。第2棟は、周囲の森林から20m以上の可燃物のない帯状の離隔幅を確保していることから、森林火災の影響はない。また、森林火災発生時の第2棟外壁コンクリートの表面温度は178℃であり、第2棟外壁コンクリート表面の温度が一般的にコンクリートの強度に影響がないとされる200℃に達することは無いため、森林火災の熱影響はない。

*：防火帯とは、延焼被害を食い止めるために防災上設けられる可燃物がない帯状の地域をいう。

3. 分析・試験設備の火災防護

3.1 火災の発生防止

第2棟では、以下の措置を講ずるとともに、セル等内での分析・試験時の火災対策についてマニュアル化することにより、セル等内での火災の発生を防止する。

(1) 不燃材料、難燃材料の使用

セル等及びフードは、可能な限り不燃材料又は難燃材料を使用する。

(2) 可燃物の管理

紙ウエス、ポリエチレン容器等は、金属製の容器に収納し、使用時のみ必要数を取り出す。また、その他の可燃物を置かない。

(3) 加熱機器の温度管理

ホットプレート等の加熱機器は、表面温度が可燃物の発火温度（紙：約350℃、ポリエチレン：約450℃）*未満で使用する。また、引火性の試薬を使用するセル等及びフードでは、防爆仕様のホットプレート等を使用する。

*：国土交通省自動車交通局、エンジンルーム内の可燃物置き忘れ等に関する調査結果（平成22年4月）

(4) 静電気による発火防止

分析・試験に用いる試薬及び分析・試験で発生する廃液は、前処理段階及び中和後に十分希釈するため、受槽に流す廃液中に消防法上の危険物に該当するものは発生しないと想定しているが、静電気による発火防止を考慮して、第2棟液体廃棄物を一時的に保管する分析廃液受槽、設備管理廃液受槽、塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックに静電気の放電のため接地を施す。また、セル等においても、静電

気の放電のため接地を施す。

(5) 引火性高圧ガスの漏えい対策

火災区域又は火災区画にある引火性物質は、消防法で危険物として定められる潤滑油及び燃料油並びに危険物でもある引火性高圧ガスとして定められる水素及び PR ガス(アルゴン+メタン混合ガス)である。

分析作業に用いる水素ボンベ及び PR ガスボンベは、ガスキャビネットに保管する。

なお、ガスキャビネットの排気口は、換気空調設備の排気口近傍に設置する設計とする。

(6) 燃料デブリ等の切断時に発生する火花及び切断粉の飛散防止対策

コンクリートセルで実施する燃料デブリ等の切断時は、火花及び切断粉の飛散を防止するため、火花・切断粉飛散防止カバー付きの切断機を使用する設計とする。

(7) 無停電電源装置の充電時に発生する水素の蓄積防止

建屋の無停電電源設備、分析装置等に設置する無停電電源装置は、充電中に水素ガスが発生するため、換気空調設備による機械換気によって、水素ガスの蓄積を防止する設計とする。

3.2 火災の検知及び消火

セル等には、火災の現象を早期に把握し初期消火を可能にするため、温度計と消火設備を設置する。

(1) 温度計

a. 温度計の選定条件

セル等に設置する温度計は、メンテナンス性を考慮したウェル式を採用し、測定範囲(0~100℃)を設定された精度で計測できるものとして、測温抵抗体を選定する。

b. 温度計の設置場所

温度計は、コンクリートセルに 4 箇所、鉄セルに 2 箇所、グローブボックスには各 1 箇所ずつ設置する。

c. セル等内の温度上昇を検知した際の発報

セル等内の温度が設定値(60℃)を超えた場合は、当該設備の操作盤及び制御室に警報を発報する設計とする。

(2) 消火設備

セル等に使用する消火設備は、多様性を確保するために、消防法に基づいた消火設備(屋内消火栓設備及び消火器)に加えて、粉末消火薬剤^{*}、乾燥砂及び窒素ガス消火設備を設置する。また、窒素ガス消火設備は、窒素ガス貯蔵容器ユニットを多重化するために 2 式設置する。

^{*}：粉末(ABC)消火器にて使用される薬剤

a. 粉末消火薬剤及び乾燥砂

セル等の内部には、粉末消火薬剤を設置する。粉末消火薬剤にて消火することができない試薬を使用する場合には、乾燥砂を準備する。

粉末消火薬剤及び乾燥砂は、密閉容器に収納して保管する。セル等での作業中にセル等内で火災の兆候を確認した場合は、速やかにマンプレート又はグローブ作業にて粉末消火薬剤又は乾燥砂で消火を行う。使用後は、回収して放射性廃棄物として廃棄する。

b. 窒素ガス消火設備

セル等内の火災に対する消火剤は、不活性ガス（窒素ガス）とするため、窒素ガス消火設備を設置する設計とする。窒素ガス消火設備の概略系統図を図-29 に示す。

窒素ガス消火設備の仕様は、以下のとおりである。

- ・ 窒素ガス消火設備の起動時に自動で給気弁を閉止する（酸素の供給を停止）。
- ・ 窒素ガス消火設備を起動した場合においてもセル等の負圧を維持するため、排気を継続する。
- ・ 再着火防止のために[]を考慮した設備とする。
- ・ []までセル等内に消火剤を導入し、酸素濃度を低い状態[]にすることで窒息消火させる。その際、[]
[]消火剤をセル等内へ導入を可能とする。
- ・ 消火後、再着火を防止するため、[]
[]消火剤をセル等内へ導入する。
- ・ 窒素ガス貯蔵容器の交換時を考慮して、窒素ガス貯蔵容器ユニットを2式設置する。
- ・ セル等の付近に設置された起動操作箱と制御室に設置された遠隔操作盤から手動操作にて起動可能とする。
- ・ 外部電源喪失時は、窒素ガス消火設備に設置された蓄電池で設備を起動して消火することを可能とする。

(3) 各消火設備の使用について

a. セル等内で火災が発生した場合

セル等内で作業中に火災が発生した場合は、セル等内に設置した粉末消火薬剤又は乾燥砂を用いて消火し、消火できない場合は窒素ガス消火設備を起動して消火する。

セル等内での作業中以外（休日・夜間含む。）に火災が発生した場合は、窒素ガス消火設備を起動して消火する。

万一、粉末消火薬剤、乾燥砂及び窒素ガス消火設備で消火に至らない場合には、消火器を用いて消火を行う。消火器でも消火に至らない場合は、屋内消火栓設備を用いて消火を行う。

消火器又は屋内消火栓設備を用いての消火作業は、消火器又は屋内消火栓設備のノズルをセル等の搬出入ポート又はグローブポートに挿入し、セル等の外側から消火する。

なお、消火活動を行う者の装備は、汚染があることを想定し、全面マスク、タイベックスーツ、ゴム手袋等の装備を基本とし、線量や汚染の状況に応じて装備を選定する。また、地震により耐震Cクラスの消火設備が故障した場合は、粉末消火薬剤、乾燥砂及び消火器を用いて消火を行う。

b. フード内で火災が発生した場合

フード内で火災が発生した場合は、フード近傍に設置した消火器により消火する。

3.3 火災の影響の軽減

セル等内で想定される火災は、限られた範囲内での火災であるが、その拡大及び延焼を防止するために、以下の対策を行い、窒素ガス消火設備を起動し、設計消火剤濃度に達するまでの間も、火災による影響が出ないようにする。

(1) 切断粉の火災防護の考慮

燃料デブリ等は、化学的に不活性な酸化物が主成分であると推定されるが、化学的に活性である可能性を考慮し、切断粉は金属等の不燃材料又は難燃材料製の容器内で取り扱う。万一、酸素との反応に起因して発火したとしても延焼を防ぐように、燃料デブリ等の切断時は周囲に可燃物を置かないこととし、切断粉発生の都度、切断粉を不燃材料又は難燃材料製の容器内に収納する。

(2) 延焼の防止

仮に火災が発生したとしても、以下の理由により、火災は限られた範囲内で発生し、延焼のおそれはない。

- ・ 想定される可燃物は紙ウエス 10 枚程度、ポリエチレン容器等 5 個程度である。
- ・ 試薬は、金属製のバット内の限られた範囲内で使用する。
- ・ 隣接セルとの気密扉のシールパッキン（難燃材料）は、気密扉（不燃材料）とセル壁（不燃材料）間に設置するため、火災により損傷しないことから隣接セル等への火災の影響はない。
- ・ セル間の気密扉は、燃料デブリ等の移送時のみ開放し、火災発生が懸念される作業中は閉鎖するため、隣接セル等への火災の影響はない。
- ・ セル等からフィルタまで約 20m の距離が離れていることから、フィルタに炎が到達することはない。
- ・ フィルタまで炎が達したとしても、フィルタは難燃材料のろ材、不燃材料のケーシングで構成されているため、フィルタが損傷して延焼するおそれはない。

(3) 火災が発生した場合における設備の機能喪失防止

a. コンクリートセルの給排気弁の機能喪失防止

第 2 棟のコンクリートセルでは、給排気第 1 弁の単一故障を考慮し各々の弁を二重化する設計とする。コンクリートセルの給排気弁は、金属製で構成されており、火災による熱影響を受けても給排気弁の機能喪失には至らない。

b. 試料ピットの機能喪失防止

試料ピットには可燃物はないため、安全機能の喪失には至らない。

c. 屋内消火栓設備を使用した際のコンクリートセル及び試料ピットの機能喪失防止

コンクリートセル周囲に対して屋内消火栓設備による放水を全量実施しても、コンクリートセル及び試料ピットは水没しない。また、コンクリートセルはコンクリート造であり、放水によって破損するおそれはないため、遮へい機能は維持される。コンクリートセル内で屋内消火栓設備を使用した場合において、試料ピットが水没しても臨界に達しないので、臨界防止機能は維持される。

d. 窒素ガス消火設備が誤操作、誤作動した際のセル等の機能喪失防止

窒素ガス消火設備は、窒素ガス消火剤を放出時においてもセル等の負圧を維持できるよう、
放出する設計とするため、窒素ガス消火設備の誤操作、誤作動によ

り窒素ガスを放出したとしても、セル等の閉じ込め機能は維持できる。

(4) セル等内で消火に使用した粉末消火薬剤、乾燥砂及び消火水の処置について

a. 粉末消火薬剤及び乾燥砂の処置

消火に使用した粉末消火薬剤及び乾燥砂は、回収して、高線量廃棄物の場合は、コンクリートセル又は試料ピットに一時的に保管し、発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。低線量廃棄物の場合は、第2棟固体廃棄物として固体廃棄物払出準備室に一時的に保管し、発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

なお、第2棟固体廃棄物は、耐火性の金属製の容器に収納して一時保管する。

b. 消火水の処置

セル等で使用する可燃物は少量のため、火災が発生したとしても小規模であり、少量の消火水で消火が可能である。

セル等は、給気口及び排気口を除き密封構造であるため、セル等の給気弁及び排気弁を閉止してから放水することで、セル等からの流出を防止する。

消火に使用した水は、セル等内で回収して分析廃液受槽等に一時的に保管し、発電所内の他施設へ搬出する。また、回収しきれない極少量の消火水は、ウエス等で拭き取り、乾燥後に第2棟固体廃棄物として固体廃棄物払出準備室に一時的に保管し、発電所内の固体廃棄物貯蔵庫（増設分を含む。）へ搬出する。

3.4 その他

火災防止、延焼防止、火災発生時に係る作業手順（具体的な消火方法、装備等）及び注意事項については、事前訓練の実施等も考慮しつつ、運用開始前までにマニュアルを整備する。

4. セル等及びフード内火災時の排気フィルタへの影響について

第2棟では、3.に示す措置を講ずることでセル等及びフード内における火災の発生を防止する。万一、セル等及びフード内で火災が発生し、火災に伴い発生する煤が換気空調設備の排気系統に流入したとしても、排気フィルタは破過せず、負圧維持に必要な排気風量を維持できる性能を有する設計とする。

5. 水素に対する考慮

燃料デブリ等からの放射線により、水が放射線分解し水素が発生することを考慮して、水素濃度を評価し、爆発の可能性について検討した。

水素濃度の評価イメージについて、図-28に示す。

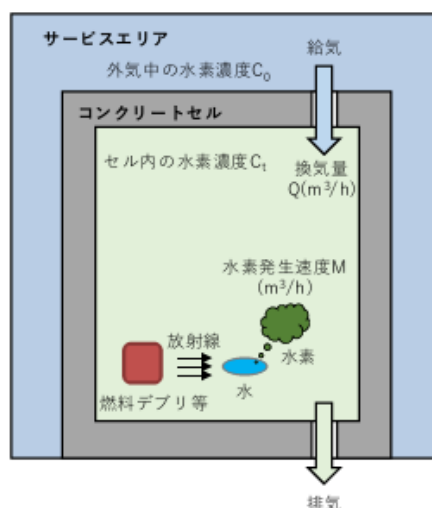


図-28 水素濃度の評価イメージ

【評価条件】

- ・ 評価場所は、水素が最も発生する可能性のある（燃料デブリ等の取扱量が多い）コンクリートセルとした。
- ・ 放射線の発生源である燃料デブリ等は、すべてUO₂燃料であり、2号機の運転履歴に基づいた燃焼度の線源とした。
- ・ 水素濃度は、「7.引用文献(1)」を基に次式により求めた。

$$C_t = \frac{M + C_0 Q}{Q} \times 100$$

ここで、

C_t : コンクリートセル内の水素濃度 (vol%)

C_0 : 外気中の水素濃度 (-) ($=5 \times 10^{-7}$) 「7.引用文献(2)」

M : 水素発生速度 (m³/h)

Q : 換気量 (m³/h)

- ・ 換気量は、コンクリートセルで最も小さいコンクリートセルNo.2 の値（設計値：380m³/h）を用いた。
- ・ 水素の発生源となる水が常にコンクリートセル内に存在すると仮定した（燃料デブリ等が水没している状態）。
- ・ 水素発生速度は、TMI-2 燃料デブリ移送「7.引用文献(3)」にて使用された評価式（以下「評価式」という。）を基に次式により算出した。

$$M = W \times F \times \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \times \frac{G}{100} \times \frac{22.4}{6.0 \times 10^{23}} \times \frac{3600}{1000}$$

ここで、

M : 水素発生速度 (m³/ (h・g)) (燃料デブリ等 ■■■ の場合： 1.3×10^{-4} , ■■■ の場合： 3.6×10^{-3})

W : 燃料デブリ等 1gあたりの発熱量 (W/g) (α 線:0.001468, β 線及び γ 線:0.001237)

F：エネルギー吸収率* (-) *全エネルギーが水に吸収されるとし保守的に1に設定
 G：放射線のエネルギー100eV当たり生成される分子数（分子/100eV）
 （α線：1.40，β線及びγ線：0.44）（「7.引用文献(4)」）

また、廃炉・汚染水・処理水対策事業「7.引用文献(5)」にて検討された予測式を基に次式により算出した。

$$M = M_{\alpha} + M_{\beta} + M_{\gamma}$$

$$M_i = E_i \times P_i \times m \times C \times F_i \times \frac{G_i}{100} \times \frac{1}{1.602 \times 10^{-19}} \times \frac{1}{6.022 \times 10^{23}} \times \frac{22.4}{1000} \times 3600$$

ここで、

M_i ：放射線の種類ごとの水素発生速度（m³/h）， $i = \alpha, \beta, \gamma$
 E_i ：放射線の種類ごとの崩壊熱（J/（s・kgUO₂））（α線：0.133，β線：0.383，γ線：0.221）
 P_i ：ピーキングファクタ（α線：2.35，β線及びγ線：1.56）
 m ：燃料デブリ質量（kg）（水素発生速度は、燃料デブリ等が[]の場合：7.1×10⁻⁶m³/h，燃料デブリ等が[]の場合：1.9×10⁻⁴m³/h）
 C ：燃料含有割合* *水素発生速度を保守的に評価するため1に設定
 F_i ：放射線の種類ごとのエネルギー吸収率（α線：0.250，β線：0.160，γ線：0.158）
 G_i ：放射線の種類ごとの水素発生G値（分子/100eV）（α線：1.3，β線及びγ線：0.45）

計算の結果、燃料デブリ等[]の場合、コンクリートセルの水素濃度Ctは評価式で9×10⁻⁵vol%，予測式で約5×10⁻⁵vol%となり、「7.引用文献(6)」にて爆発限界とされている4vol%を下回るため、爆発は起こらない。燃料デブリ等[]（[]の最大取扱量）の場合、コンクリートセルの水素濃度Ctは評価式で1×10⁻³vol%，予測式で約1×10⁻⁴vol%となり、爆発限界である4vol%を下回るため、爆発は起こらない。

6. 消火設備の取付箇所を明示した図面

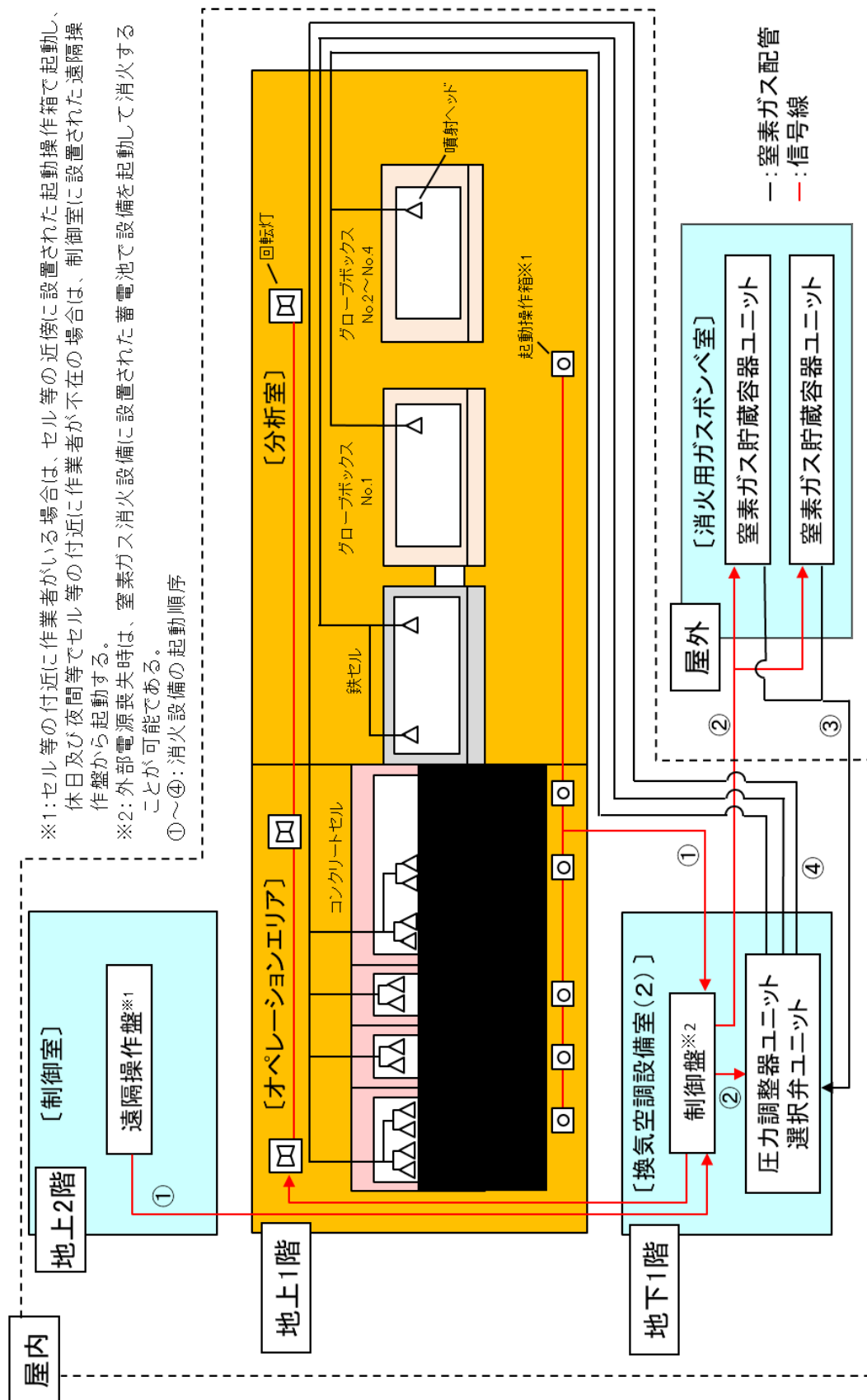
窒素ガス消火設備の概略系統図を図-29、第2棟の消火設備の取付箇所を明示した図面を図-30～33に示す。

7. 引用文献

- (1) 「屋内換気量測定方法（炭酸ガス法）」，JIS A 1406，1974.
- (2) U.S. Standard Atmosphere，1976，U.S. Government Printing Office，Washington，D.C.，(1976).
- (3) J.O.Henrie and J.N.Appel，『Evaluation of Special Safety Issues Associated with Handling the Three Mile Island Unit 2 Core Debris』，GEND-051，1985.
- (4) H.Christensen，Fundamental Aspects of Water Coolant Radiolysis，SKI Report2006:16，Swedish Nuclear Power Inspectorate，(2006).
- (5) 技術研究組合国際廃炉研究開発機構（IRID），令和4年度開始廃炉・汚染水・処理水対策事業費補助

金（燃料デブリ収納・移送・保管技術の開発（粉状、スラリー・スラッジ状燃料デブリの保管までに必要な技術の開発）），2022 年度最終報告

- (6) 独立行政法人産業安全研究所，産業安全研究所技術指針 NIIS-TR-No. 39（2006），工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆 2006）

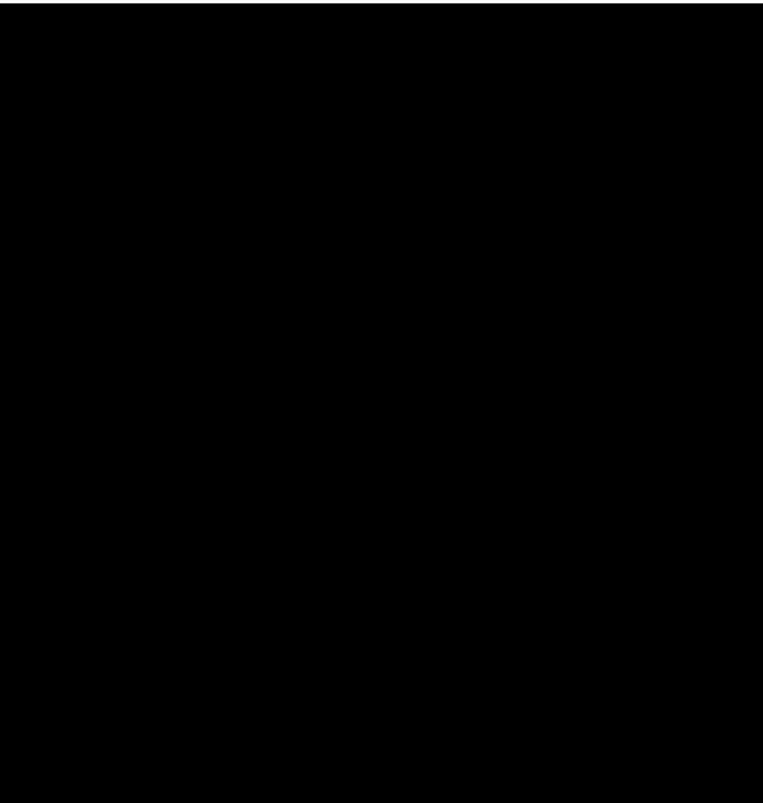


※1: セル等の付近に作業者がいる場合は、セル等の近傍に設置された起動操作箱で起動し、休日及び夜間等でセル等の付近に作業者が不在の場合は、制御室に設置された遠隔操作盤から起動する。

※2: 外部電源喪失時は、窒素ガス消火設備に設置された蓄電池で設備を起動して消火することが可能である。

①～④: 消火設備の起動順序

図-29 窒素ガス消火設備の概略系統図



凡例	
■	屋内消火栓設備
●	消火器
○	消火ポンプ

図-30 第2棟の消火設備の取付箇所を明示した図面 地下1階

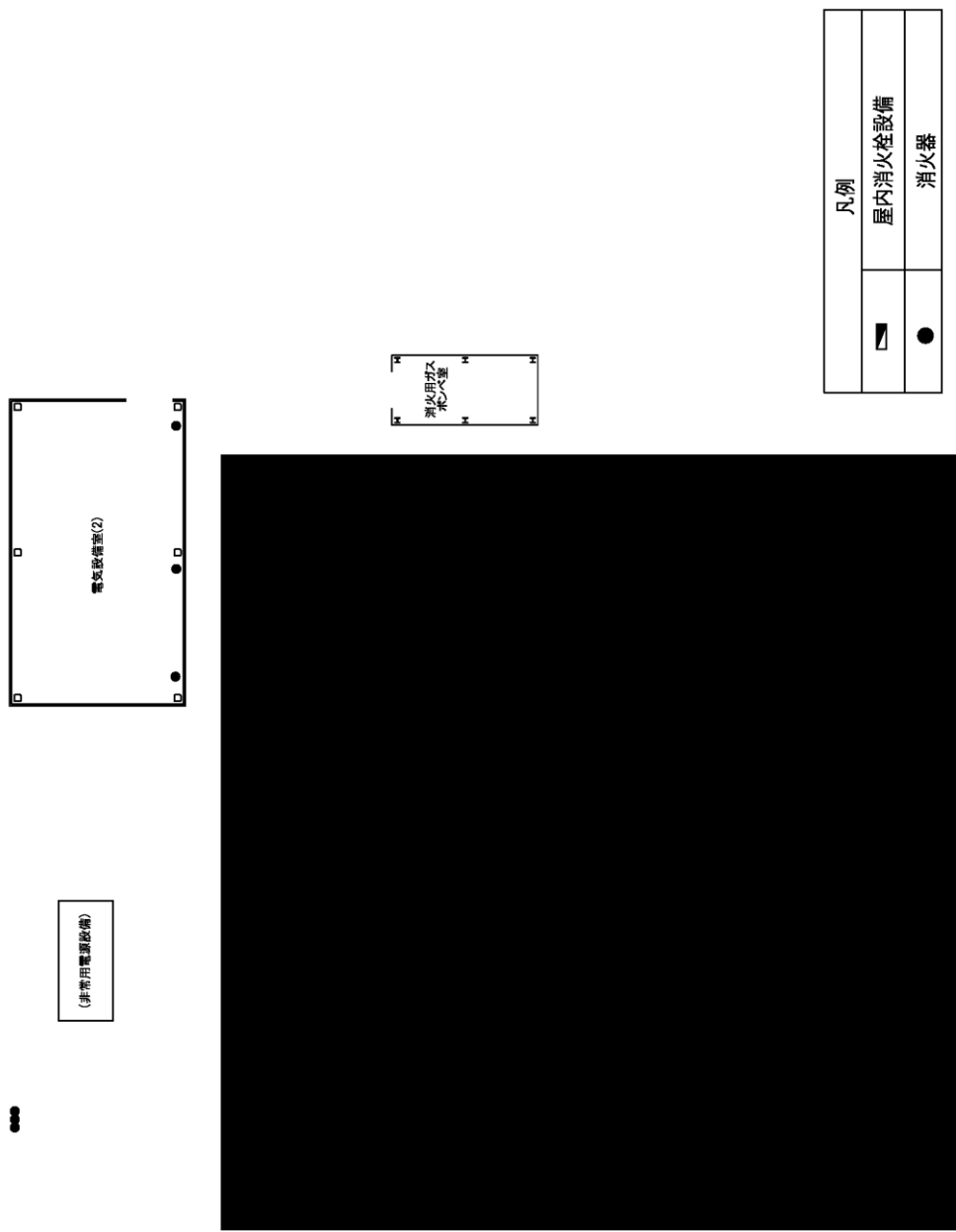
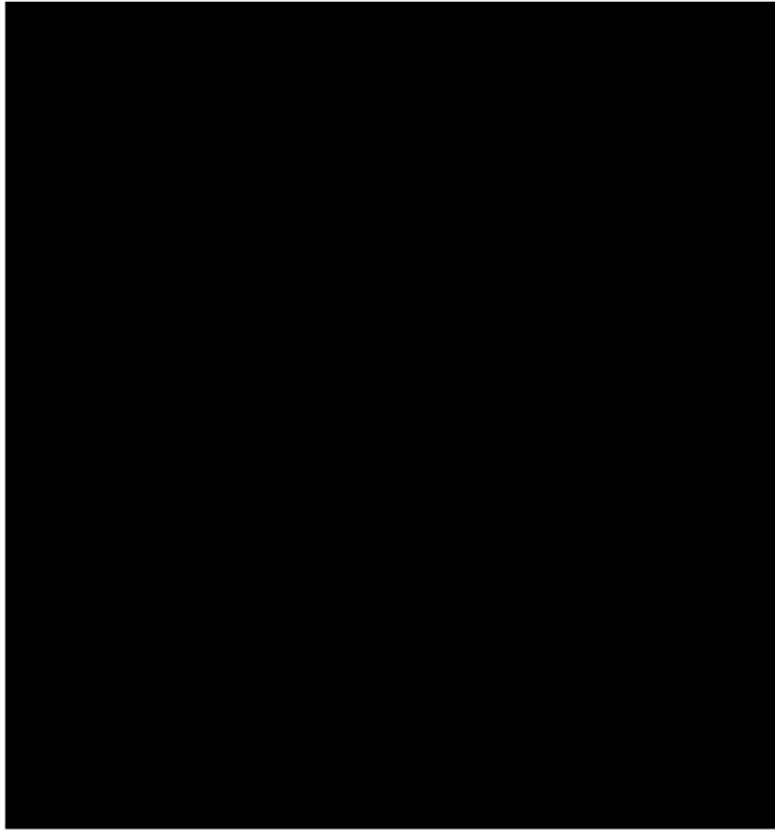
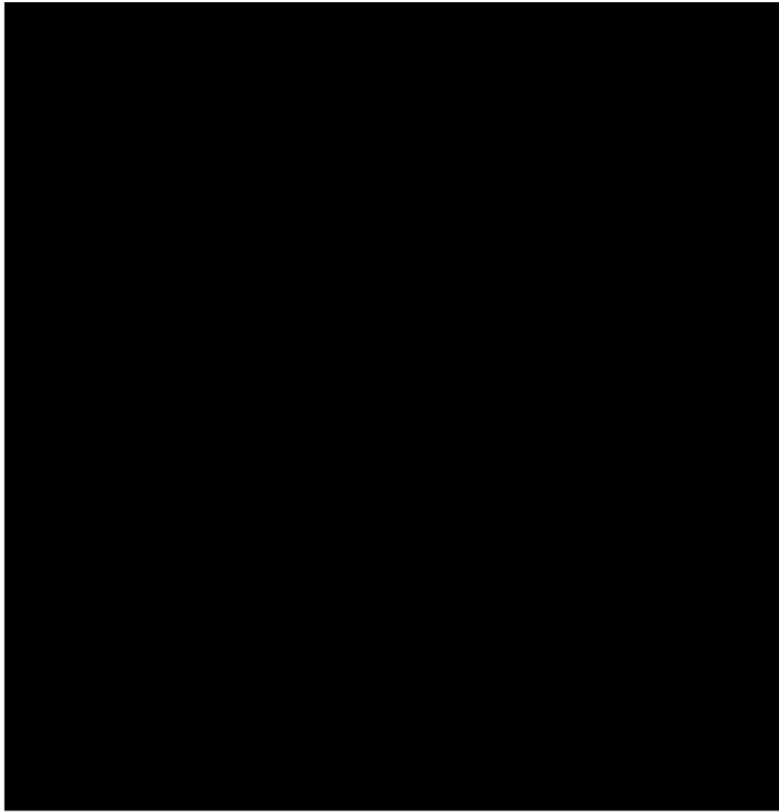


図-31 第2棟の消火設備の取付箇所を明示した図面 1階



凡例	
▣	屋内消火栓設備
●	消火器

図-32 第2棟の消火設備の取付箇所を明示した図面 2階



凡例	
▬	屋内消火栓設備
●	消火器

図-33 第2棟の消火設備の取付箇所を明示した図面 屋上階

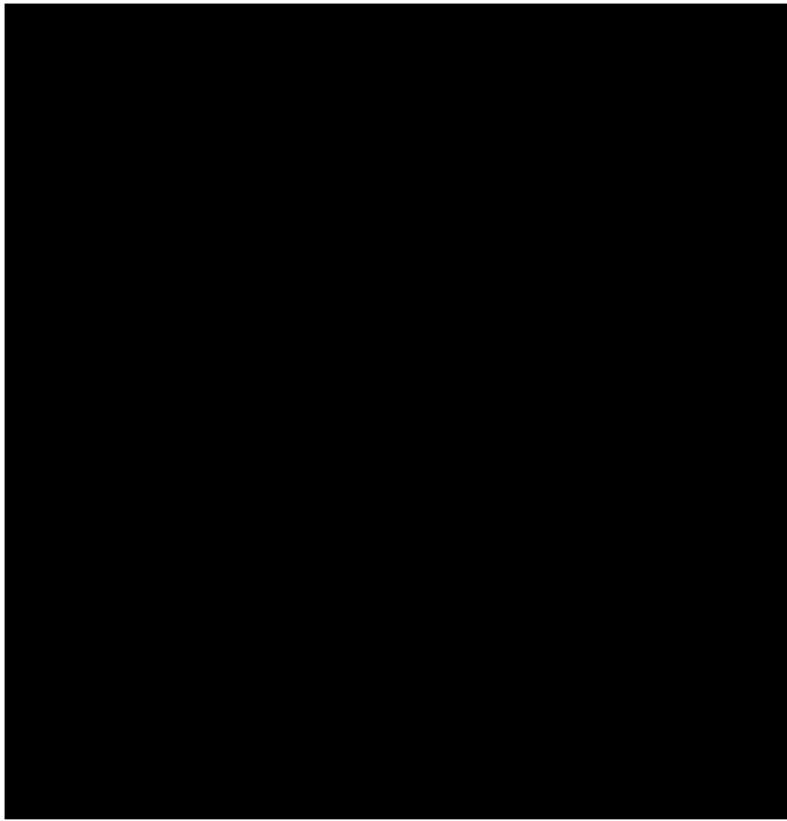
安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路について

1. 安全避難通路の設置方針

第2棟の建屋には、分析・試験、放射線測定、建物及び建屋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、建築基準法施行令及び建設省告示並びに消防法及び消防法施行令に基づき安全避難通路を設定する。

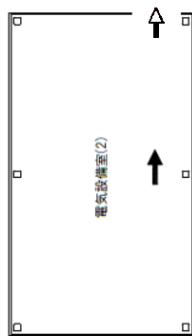
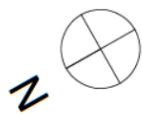
第2棟の安全避難通路を明示した図面を図-34～37に示す。

なお、第2棟建屋は階段を含め耐火構造であるため、火災時においても避難経路として使用できる。

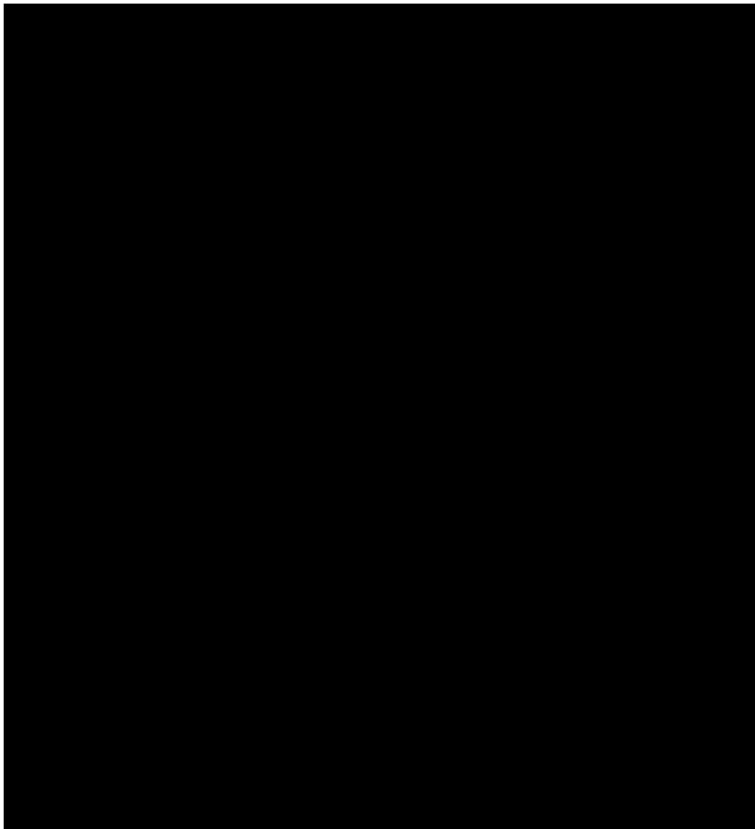
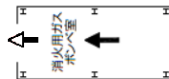


凡例	
	非常口
	避難経路

図-34 第2棟の安全避難通路を明示した図面 地下1階

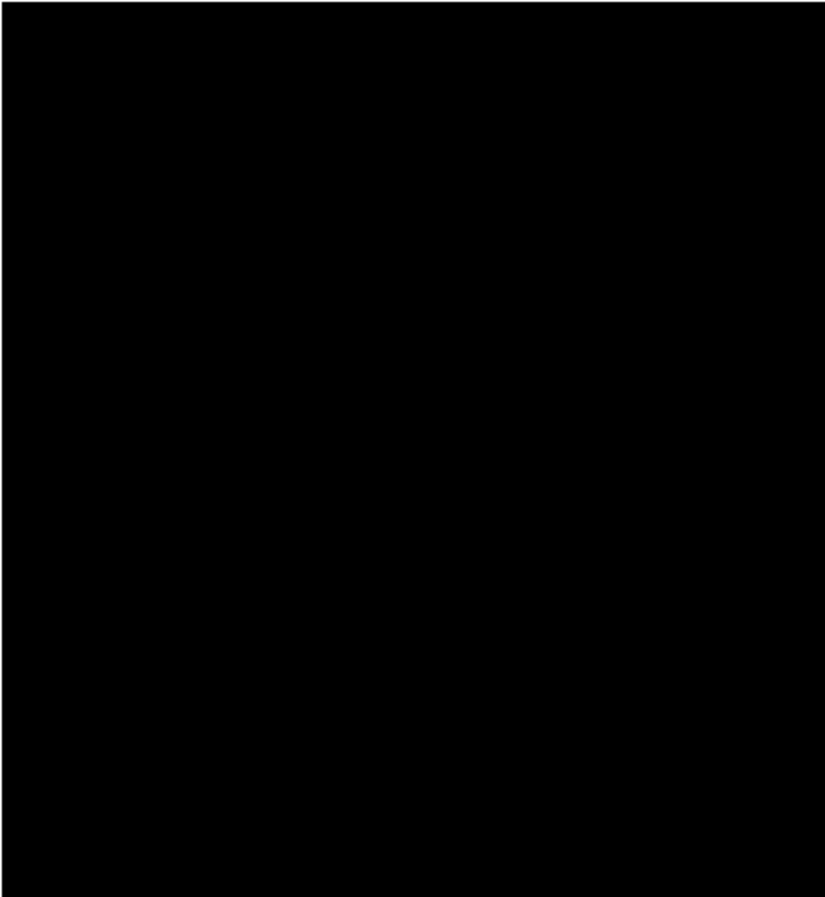


(非常用電源設備)



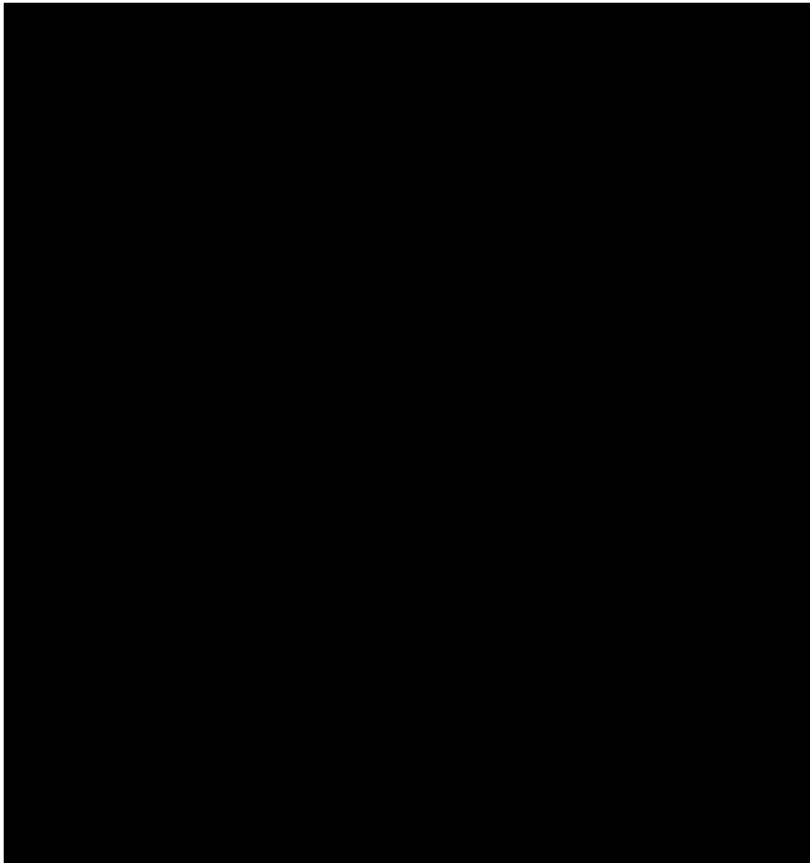
凡例	
⇐	非常口
⇐	避難経路

図-35 第2棟の安全避難通路を明示した図面 1階



凡例	
	非常口
	避難経路

図-36 第2棟の安全避難通路を明示した図面 2階



凡例	
	非常口
	避難経路

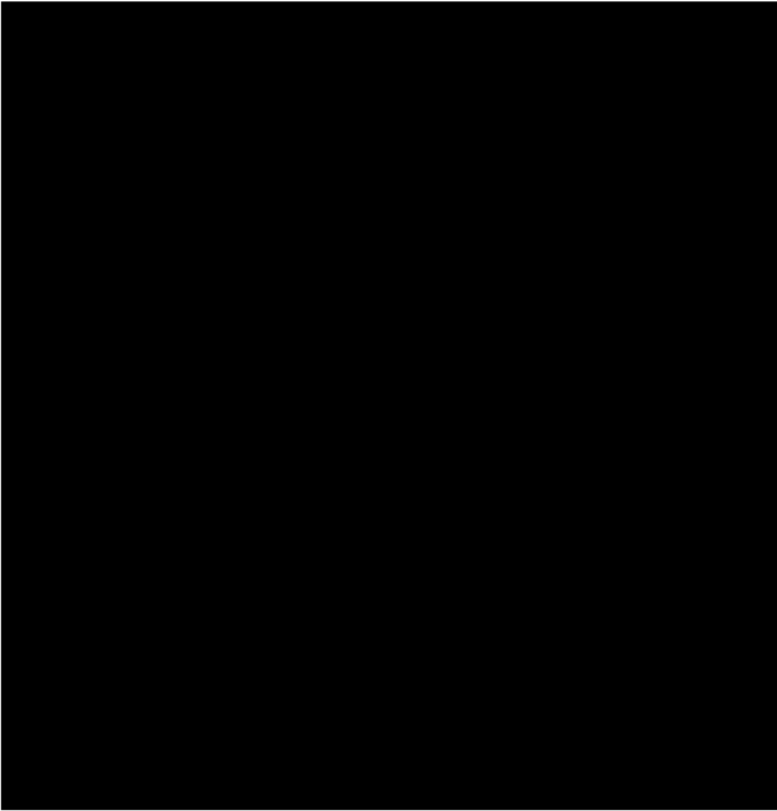
図-37 第2棟の安全避難通路を明示した図面 屋上階

非常用照明に関する説明書及び取付箇所について

1. 非常用照明の設置方針

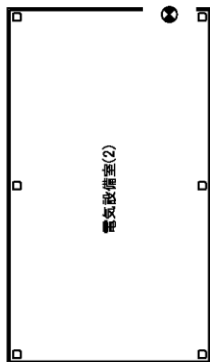
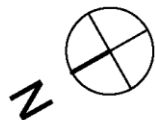
第2棟には、分析・試験、放射線測定、建物及び建屋内の巡視点検のための出入りを行うことから、建築基準法、建築基準法施行令及び建設省告示に基づく非常用照明並びに消防法及び消防法施行令に基づく誘導灯を設置する。また、地下1階換気空調設備室(2)に設置する非常用照明は、北東側階段から消火ポンプ操作面までの照度を確保するために、一箇所設置する。

第2棟の非常用照明の取付箇所を明示した図面を図-38～41に示す。

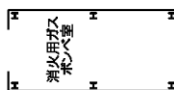


凡例	
①	避難口誘導灯 (電池内蔵型)
②	誘導灯 (電池内蔵型)
●	非常用照明器具 (電池内蔵型)
—	階段誘導灯 (電池内蔵型)

図-38 第2棟の非常用照明の取付箇所を明示した図面 地下1階

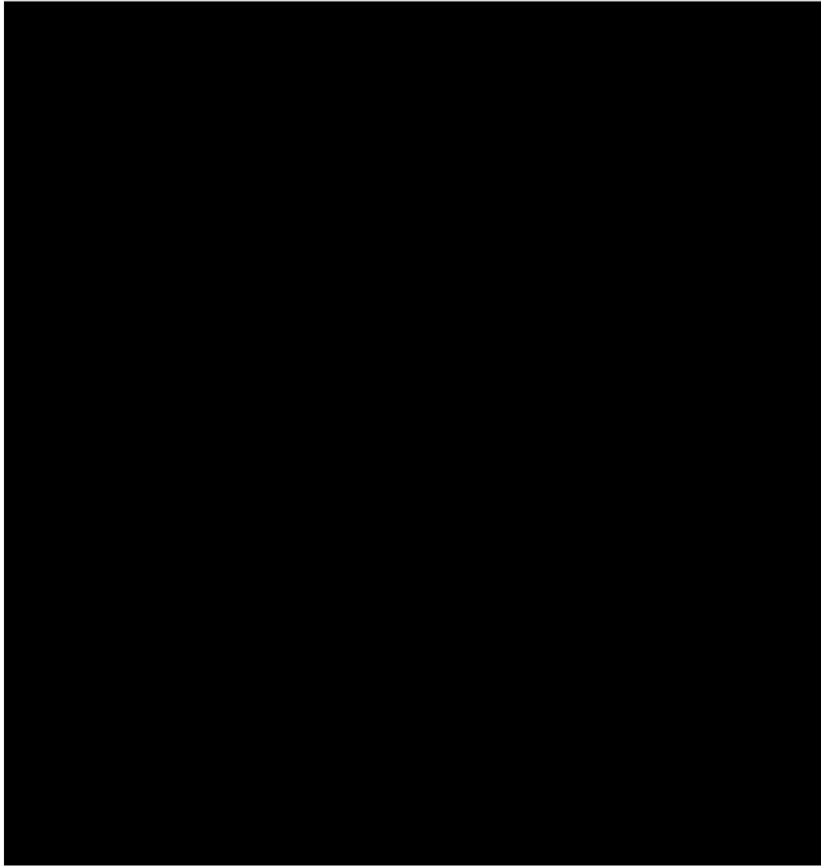


(非常用電源設備)



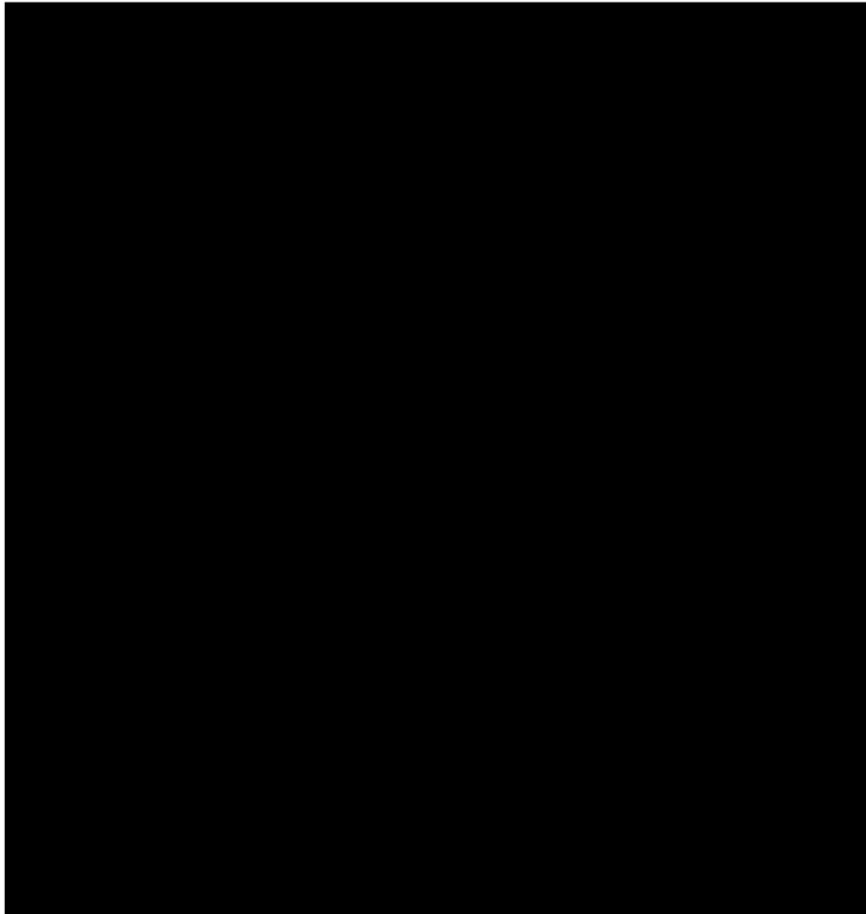
凡例	
●	緊急口誘導灯 (電池内蔵型)
○	緊急口誘導灯 (電池内蔵型)
●	非常照明器具 (電池内蔵型)
○	非常照明器具 (電池内蔵型)
—	階段誘導灯 (電池内蔵型)

図-39 第2棟の非常用照明の取付箇所を明示した図面 1階



凡例	
	緊急出口誘導灯（電池内蔵型）
	緊急誘導灯（電池内蔵型）
	非常照明器具（電池内蔵型）
	緊急誘導灯（電池内蔵型）

図-40 第2棟の非常用照明の取付箇所を明示した図面 2階



凡例	
	緊急出口誘導灯（電池内蔵型）
	誘導灯（電池内蔵型）
	非常照明器具（電池内蔵型）
	緊急誘導灯（電池内蔵型）

図-41 第2棟の非常用照明の取付箇所を明示した図面 屋上階

第2棟の構造強度及び耐震性について

第2棟の構造強度及び耐震性については、地震により第2棟建屋及び設備の安全機能が喪失した場合の影響を評価し、「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（令和4年11月16日原子力規制委員会了承，令和5年6月19日一部改訂）」に基づき定めた耐震クラスに応じて「使用施設等の位置，構造及び設備の基準に関する規則」についても考慮した設計とする。

耐震性の評価に当たっては、「JEAG4601-1987 原子力発電所耐震設計技術指針」等にも示されている手法を適用し、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」等にも示されている手法については参考とする。以下に建屋及び設備について具体的な検討内容を示す。

1. 耐震クラスの設定

第2棟の建屋及び設備は「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（令和4年11月16日原子力規制委員会了承，令和5年6月19日一部改訂）」に基づき，安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度を踏まえ，耐震クラスを設定した。Ss900等による耐震性の評価結果から，コンクリートセル，試料ピットの耐震クラスはSクラスの耐震性を有しており，建屋，コンクリートセル，試料ピットに要求する遮へい機能，閉じ込め機能，臨界防止機能が維持できることから，建屋，コンクリートセル，試料ピットの遮へい機能，放射性物質の除染係数を考慮し，公衆の被ばく影響を再評価した結果，耐震クラスは表-1のとおり分類した。

評価の詳細については別添4-1に示す。

表-1 第2棟の耐震クラスの設定

設備名称	耐震クラス	備考
建屋	B+	・公衆被ばく線量は50 μ Sv以下であるが、長期的に使用するため、B+クラスとする。
コンクリートセル (給排気弁、主要排気管(鋼管)、主要 給気管(鋼管)を含む)	S	・公衆被ばく線量は50 μ Svを超え、5mSv以下であるが、臨界安全上の観点からSクラスとする。
試験ピット	S	・公衆被ばく線量は50 μ Sv以下であるが、臨界安全上の観点からSクラスとする。
鉄セル	B+	・公衆被ばく線量は50 μ Svを超え、5mSv以下である。 ・長期的に使用するため、B+クラスとする。
グローブボックス	B+	・公衆被ばく線量は50 μ Sv以下であるが、将来の機能拡張を考慮するとともに長期的に使用するため、B+クラスとする。
セル・グローブボックス用換気空調設備	B+ (フィルタユニット)	・公衆被ばく線量は50 μ Svを超え、5mSv以下である。 ・長期的に使用するため、B+クラスとする。
	C (排風機)	・排風機が損傷してもセル・グローブボックス用排気フィルタユニットの除染係数10 ⁷ を考慮することによって、公衆被ばく線量は50 μ Sv以下となるため、Cクラスとする。
フード	C	—
液体廃棄物一時貯留設備	C	—
フード用換気空調設備	C	—
電気設備(非常用電源設備を含む)	C	—
管理区域用換気空調設備	C	・設備が破損しても放射線影響は生じないため、JEAC4601の放射線安全に関係しない施設等を参考にCクラスとする。
消火設備	C	・設備が破損しても放射線影響は生じないため、JEAC4601の放射線安全に関係しない施設等を参考にCクラスとする。
天井クレーデン	C	・天井クレーデンは輸送容器を運搬する機能を有し、落下防止対策として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ものとする。また、フックについては外れ防止装置を有するものとするため耐震Cクラスとする。
排気口	C	・公衆被ばく評価では、排気口からの放射性物質の放出は無いものとし、建屋から放出された場合を想定したものであるため、排気口は公衆被ばく評価に影響するものではないことから耐震Cクラスとする。

2. 建屋（コンクリートセル及び試料ピット含む。）の構造強度及び耐震性

第2棟の建屋はB⁺クラスとして、当該クラスに適用される設計用地震力に対して十分耐えられる設計であり、積雪荷重及び風圧についても影響がないことを確認した。また、建屋と一体構造になっているコンクリートセル及び試料ピットについては、耐震Sクラスとして当該クラスに適用される地震力に対して十分耐えられる設計であり、Sクラスの耐震性を有することを確認した。そのため、建屋については間接支持構造物としてSs900に対しておおむね弾性範囲にとどまることを確認した。

評価の詳細については別添4-2に示す。

3. 設備の構造強度及び耐震性

(1) 設備の構造強度

第2棟を構成する設備（機器、配管等）のうち「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」においてクラス3に位置づけられる機器（分析廃液受槽A、B及び設備管理廃液受槽A、B）及び配管、クラス4に位置づけられる配管^{*1}については、「JSME S NC1 発電用原子力設備規格設計・建設規格 2005(2007年追補版含む。）」（以下「設計・建設規格」という。）^{*2}に基づき評価を行い、十分な構造強度を有していることを確認した。

評価の詳細については別添4-3に示す。

*1：コンクリートセル（No.4）排気口から排気母管まで、コンクリートセル（No.4）に係る排気母管及びコンクリートセル（No.4）に係る排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニットC、D入口までが対象

*2：本書において、設計・建設規格の条項は「設計・建設規格 ○○○-△ △△△（◇） a. (a) 」として示す。

(2) 設備の耐震性

第2棟の設備であるコンクリートセル、試料ピットを耐震Sクラス、鉄セル、グローブボックス及びセル・グローブボックス換気空調設備（フィルタユニット）を耐震B⁺クラス、その他の設備を耐震Cクラスとして、当該クラスに適用される設計用地震力に対して十分耐えられる設計であることを確認した。

評価の詳細については別添4-4に示す。

耐震クラスの設定について

第 2 棟の建屋及び設備は、「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」（令和 4 年 11 月 16 日原子力規制委員会了承，令和 5 年 6 月 19 日一部改訂）に基づき耐震クラス別分類を行い，地震による機能喪失を想定した場合の影響を評価し，地震により発生する可能性のある公衆への放射線による影響の観点から，適切と考えられる設計用地震力に耐えられる設計とする。

本資料では，上記の方針に基づく耐震クラスの設定について記載する。

1. 耐震クラスの設定

第 2 棟の建屋及び設備は「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（令和 4 年 11 月 16 日原子力規制委員会了承，令和 5 年 6 月 19 日一部改訂）」に基づき，安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度を踏まえ，耐震クラスを設定した。Ss900 等による耐震性の評価結果から，コンクリートセル，試料ピットの耐震クラスは S クラスの耐震性を有しており，建屋，コンクリートセル，試料ピットに要求する遮へい機能，閉じ込め機能，臨界防止機能が維持できることから，建屋，コンクリートセル，試料ピットの遮へい機能，放射性物質の除染係数を考慮し，公衆の被ばく影響（敷地境界線量）を再評価した結果，表-2 に示すとおりとなった。各機器の敷地境界線量の合計値は 5mSv 未満となるため，耐震クラスは表-1 に記載のとおりとなる。

第 2 棟の設備について，その安全機能，耐震クラス分類，支持構造物，波及的影響を考慮すべき設備，設計用地震力を表-3 に示す。

表－2 各設備の敷地境界線量

No.	設備名称	敷地境界線量 (mSv)	耐震クラス*1
1	建屋	1.5×10^{-11}	B ⁺ (Ss)クラス
2	コンクリートセル	1.7	Sクラス
3	試料ピット	2.6×10^{-4}	Sクラス
4	鉄セル	3.4×10^{-1}	B ⁺ クラス
5	グローブボックス	3.3×10^{-5}	B ⁺ クラス
6	フード	3.3×10^{-5}	Cクラス
7	セル・グローブボックス用換気空調設備	2.5×10^{-1}	B ⁺ クラス
8	液体廃棄物一時貯留設備	9.4×10^{-6}	Cクラス
9	フード用換気空調設備	3.3×10^{-5}	Cクラス
10	管理区域用換気空調設備	－	Cクラス
11	消火設備	－	Cクラス
12	固体廃棄物払出準備設備	－	Cクラス
13	天井クレーン	－	Cクラス
14	排気口	－	Cクラス
合計		2.3	－

*1：各機器の耐震クラスの設定については表－1を参照のこと。

表-3 第2棟の耐震クラス分類

設備名称	耐震上の安全機能 ^{*1}	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 すべき設備
			() 内は耐震クラス, 【 】 内は確認用地震動 ^{*2} を示す		
コンクリートセル (給排気弁, 主要排 気管(鋼管) ^{*3} , 主 要給気管(鋼管) ^{*4} を含む。)	・閉じ込め機能 ・遮へい機能	S	機器の支持構 造物 (S)	建屋 【S _S 】	・鉄セル【S _S 】 ・天井クレーン【S _S 】 ・トップローディング キャスク【S _S 】 ・サイドローディング キャスク【S _S 】
試料ピット	・遮へい機能 ・臨界防止		—	建屋 【S _S 】	—
建屋	・遮へい機能	B ⁺	—	—	排気口【S _S 】 ^{*10}
鉄セル	・閉じ込め機能 ・遮へい機能		機器の支持構 造物(B ⁺)	建屋 【S _{B+} 】	—
グローブボックス	・閉じ込め機能		機器の支持構 造物(B ⁺)	建屋 【S _{B+} 】	フード 【S _{B+} 】
セル・グローブボッ クス用排気フィル タユニット A, B, C, D	・閉じ込め機能		機器の支持構 造物(B ⁺)	建屋 【S _{B+} 】	—
コンクリートセル 用給気フィルタユ ニット A, B	・閉じ込め機能		機器の支持構 造物(B ⁺)	建屋 【S _{B+} 】	—
鉄セル用給気フィ ルタユニット A, B, C, D	・閉じ込め機能		機器の支持構 造物(B ⁺)	建屋 【S _{B+} 】	—
グローブボックス 用給気フィルタユ ニット A, B, C, D, E, F, G, H	・閉じ込め機能		機器の支持構 造物(B ⁺)	建屋 【S _{B+} 】	—
主要排気管(鋼管, ダクト) ^{*5} 主要給気管(鋼管) ^{*6}	・閉じ込め機能		機器の支持構 造物(B ⁺)	建屋 【S _{B+} 】	—

フード	・閉じ込め機能	C	機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
液体廃棄物一時貯留設備*7	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
主要配管(鋼管)*8	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
セル・グローブボックス用排風機 A, B	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
フード用排風機	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
管理区域用排風機	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
管理区域用送風機	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
フード用排気フィルタユニット	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
管理区域用排気フィルタユニット	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
主要排気管(鋼管, ダクト)*9	・閉じ込め機能		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
電気設備 (非常用電源設備含む。)	(電源供給機能)		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
消火設備	(消火機能)		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】 鉄セル【Sc】	—
天井クレーン	(運搬機能)		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—
排気口	(換気機能)		機器の支持構造物(C)	建屋【Sc】	—

*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_{B+} , S_c は B⁺及び C クラスの設備に適用される静的地震動を示す。

*3：コンクリートセル排気口からコンクリートセル排気弁まで

*4：コンクリートセル給気口からコンクリートセル給気弁まで

*5：コンクリートセル排気弁から排気母管まで，鉄セル排気口から排気母管まで，グローブボックス排

気口から排気母管まで、排気母管、排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット入口まで、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット出口からセル・グローブボックス用排風機入口まで

＊6：コンクリートセル用給気フィルタユニットからコンクリートセル給気弁まで、鉄セル用給気フィルタユニットから鉄セル給気口まで、グローブボックス用給気フィルタユニットからグローブボックス給気口まで

＊7：分析廃液受槽 A, B, 設備管理廃液受槽 A, B, 分析廃液移送ポンプ, 分析廃液回収ポンプ, 設備管理廃液移送ポンプ, 設備管理廃液回収ポンプ

＊8：分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで、分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで、分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで、分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで、設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで、設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで、設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで、設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで

＊9：セル・グローブボックス用排風機の上流の弁から第2棟の排気口入口まで

＊10：屋上排気口が転倒し、建屋（耐震 B⁺(Ss)）に波及的影響を及ぼす可能性があるため、Ss900 地震動により屋上排気口（L=15.2m）の建屋への波及的影響を考慮する。なお、建屋は現実的な緩和対策を考慮した際の線量評価において、建屋は Ss900 に対する耐震性を有すること（せん断ひずみがおおむね弾性範囲にとどまること）で遮へい機能及び間接支持機能を有することを期待するため、耐震クラスは B⁺(Ss)と記載する。

2. 設計震度

「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」（令和4年11月16日原子力規制委員会了承，令和5年6月19日一部改訂）に基づき，Sクラスの建屋及び設備に対して，静的地震力及び動的地震力（Ss900 機能維持，Sd450 弾性範囲）に係る耐震性評価を行い，B⁺クラスの建屋及び設備に対して，静的地震力及び動的地震力（1/2Ss450 機能維持，1/2Sd225 弾性範囲（共振時のみ））に係る耐震性評価を行う。第2棟に適用する設計用地震力を表-4に示す。

表-4 第2棟に適用する設計用地震力

設備名称	耐震 クラス	説明	動的地震力		静的 地震力
			機能 維持	弾性 範囲	弾性範囲
コンクリートセル（給排気弁, 主要排気管（鋼管）* ¹ , 主要給気管（鋼管）* ² を含む。）	S	・コンクリートセル, 試料ピットは Ss900 及び Sd450 に対しおおむね弾性範囲にとどまることを確認する。 - また, 3.0Ci 評価においても S クラスの耐震性を有することを確認する。 ・コンクリートセル設備*⁴ は水平 3.6Ci, 鉛直 1.2Cv 評価においても S クラスの耐震性を有することを確認する。	Ss900	Sd450	コンクリートセル, 試料ピット 水平 : 3.0Ci
試料ピット					コンクリートセル設備* ⁴ 水平 : 3.6Ci, 鉛直 : 1.2Cv
建屋	B ⁺ (Ss : 間接支持)	・建屋の公衆被ばく線量は 50 μ Sv 以下であるが, 長期的に使用することから, B⁺クラスの地震力を適用して耐震性を有することを確認する。 ・Ss900 でコンクリートセル, 試料ピットの間接支持機能が損なわれないこと及び遮へい機能, 閉じ込め機能が損なわれないことを確認する。	1/2 Ss450 (Ss900)	1/2 Sd225 (共振時のみ)	水平 : 1.5Ci
鉄セル	B ⁺	・公衆被ばく線量評価を実施した結果 50 μ Sv を超え, 5mSv 以下となり, 長期間使用する設備であることを考慮し, B⁺クラスの地震力を適用して耐震性を有することを確認する。 ・グローブボックスについて, 敷地境界線量が 50 μ Sv 以下となるため C クラスとなるが, 将来の機能拡張を考慮するとともに長期的に使用するため, B⁺クラスと分類した。	1/2 Ss450	1/2 Sd225 * ³ (共振時のみ)	水平 : 1.8Ci
グローブボックス					
セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B, C, D コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B 鉄セル用給気フィルタユニ					

ット A, B, C, D グローブボックス用給気フィルタユニット A, B, C, D, E, F, G, H 主要排気管（鋼管，ダクト） 主要給気管（鋼管）					
フード 液体廃棄物一時貯留設備 セル・グローブボックス用排風機 A, B フード用排風機 管理区域用排風機 管理区域用送風機 フード用排気フィルタユニット 管理区域用排気フィルタユニット 電気設備 消火設備 天井クレーン 排気口	C	・公衆被ばく線量評価を実施した結果， $50\mu\text{Sv}$ 以下となるため，Cクラスの地震力を適用して耐震性を有することを確認する。	—	—	水平：1.2Ci

*1：コンクリートセル排気口からコンクリートセル排気弁まで

*2：コンクリートセル給気口からコンクリートセル給気弁まで

*3：固有値解析を行った結果，固有周期は■■■■■■■■■■であり，剛構造■■■■■■■■■■であるため共振のおそれはない

*4：給排気弁，主要排気管（鋼管），主要給気管（鋼管）

建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果

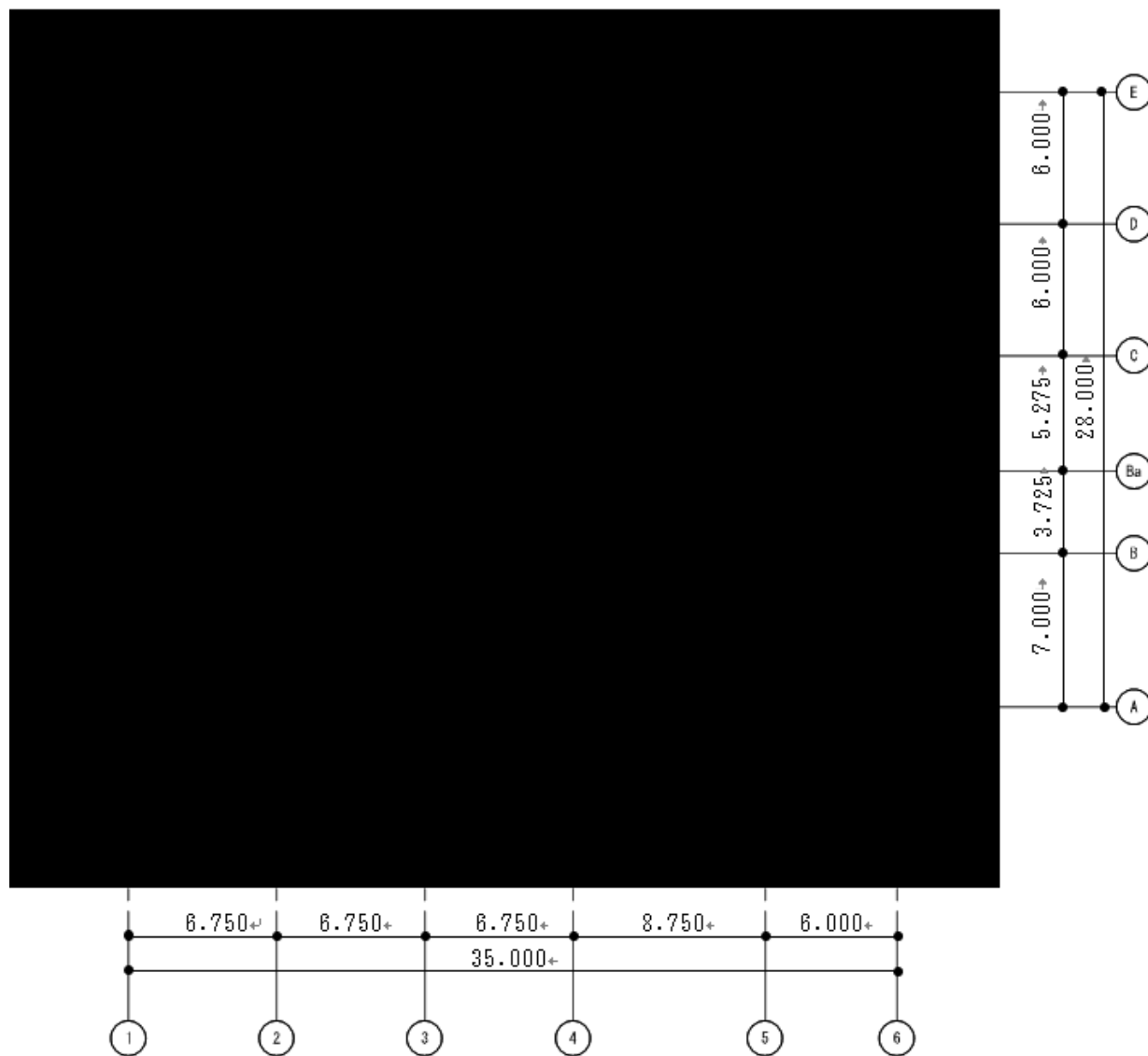
1. 評価方針

第 2 棟は、「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」（令和 4 年 11 月 16 日原子力規制委員会了承，令和 5 年 6 月 19 日一部改訂）に基づき，B⁺クラスの建物と位置づけられるため，B⁺クラスとしての評価を実施する。

なお，設計は建築基準法に準拠し，積雪荷重及び風圧についても評価する。

第 2 棟は，鉄筋コンクリート造の地上 2 階，地下 1 階，平面寸法 35.0m (EW 方向) × 28.0m (NS 方向)，地上高さ 17.3m の建物である。基礎は直接基礎で，人工岩盤を介して富岡層に支持させる。第 2 棟の平面図を図-1～5 に，断面図を図-6，7 に示す。

建屋に加わる地震時の水平力は，主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担する。



图一1 地下1 階平面図 (G. L. -7. 2) (単位 : m)

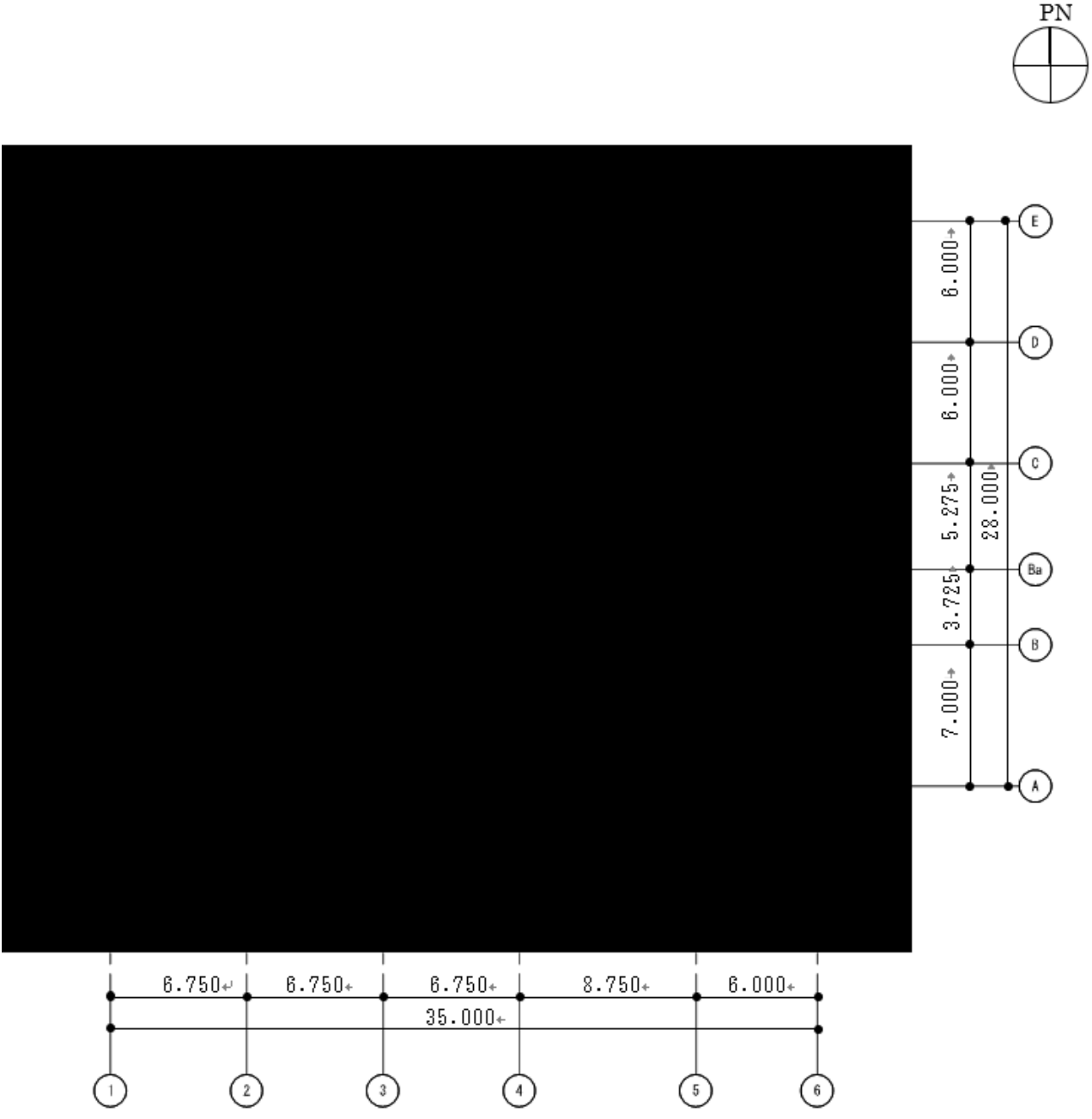
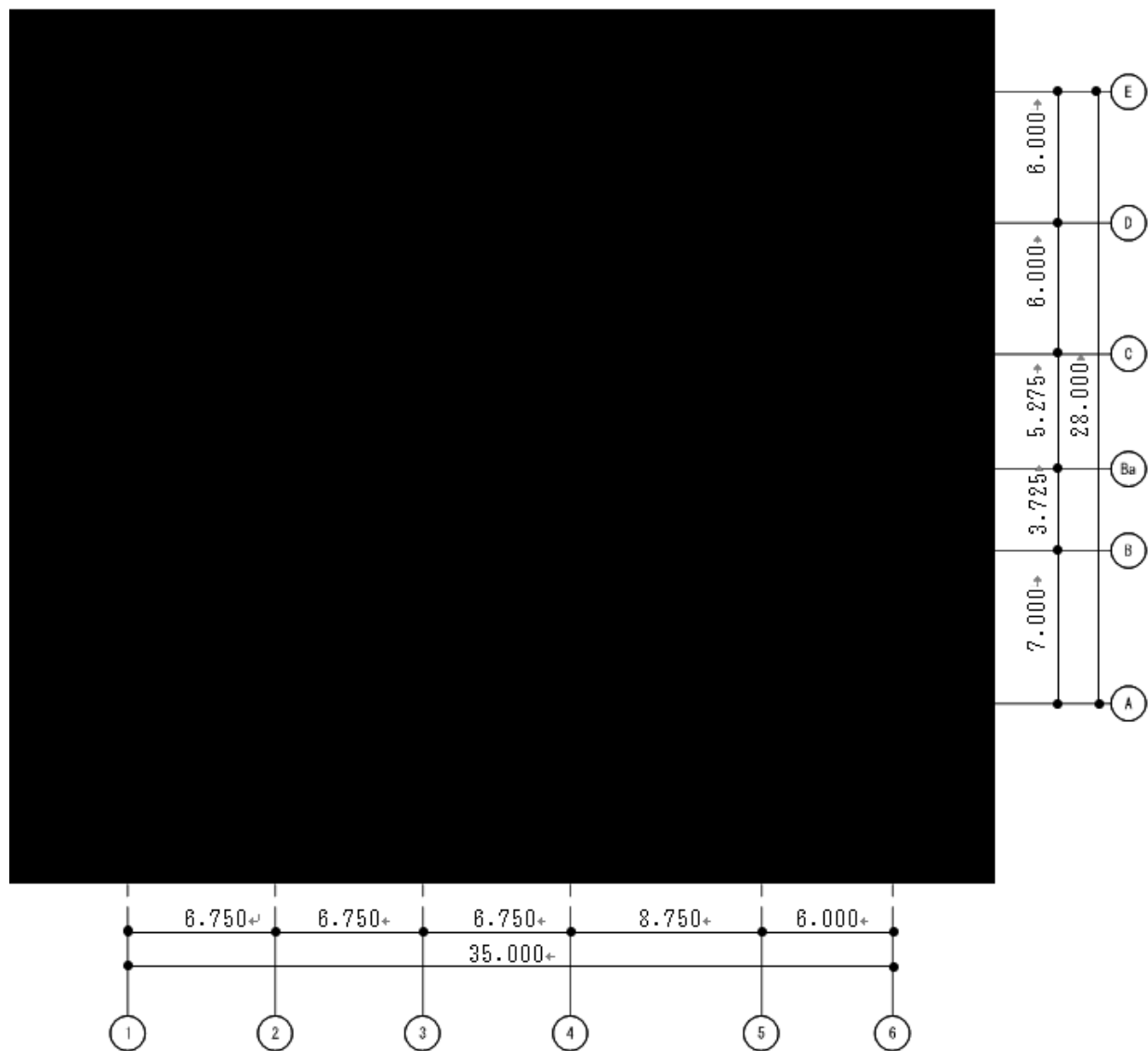
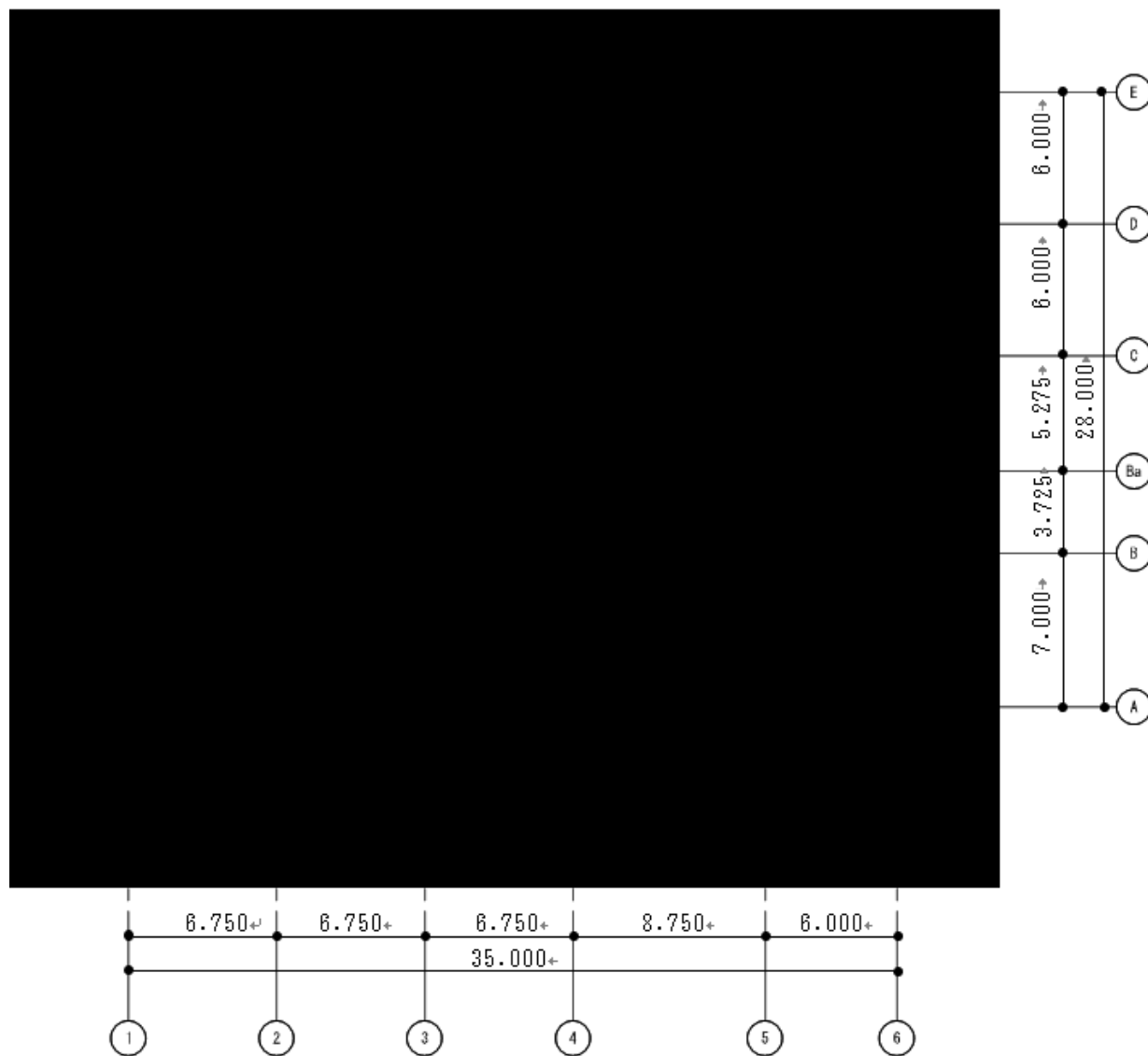


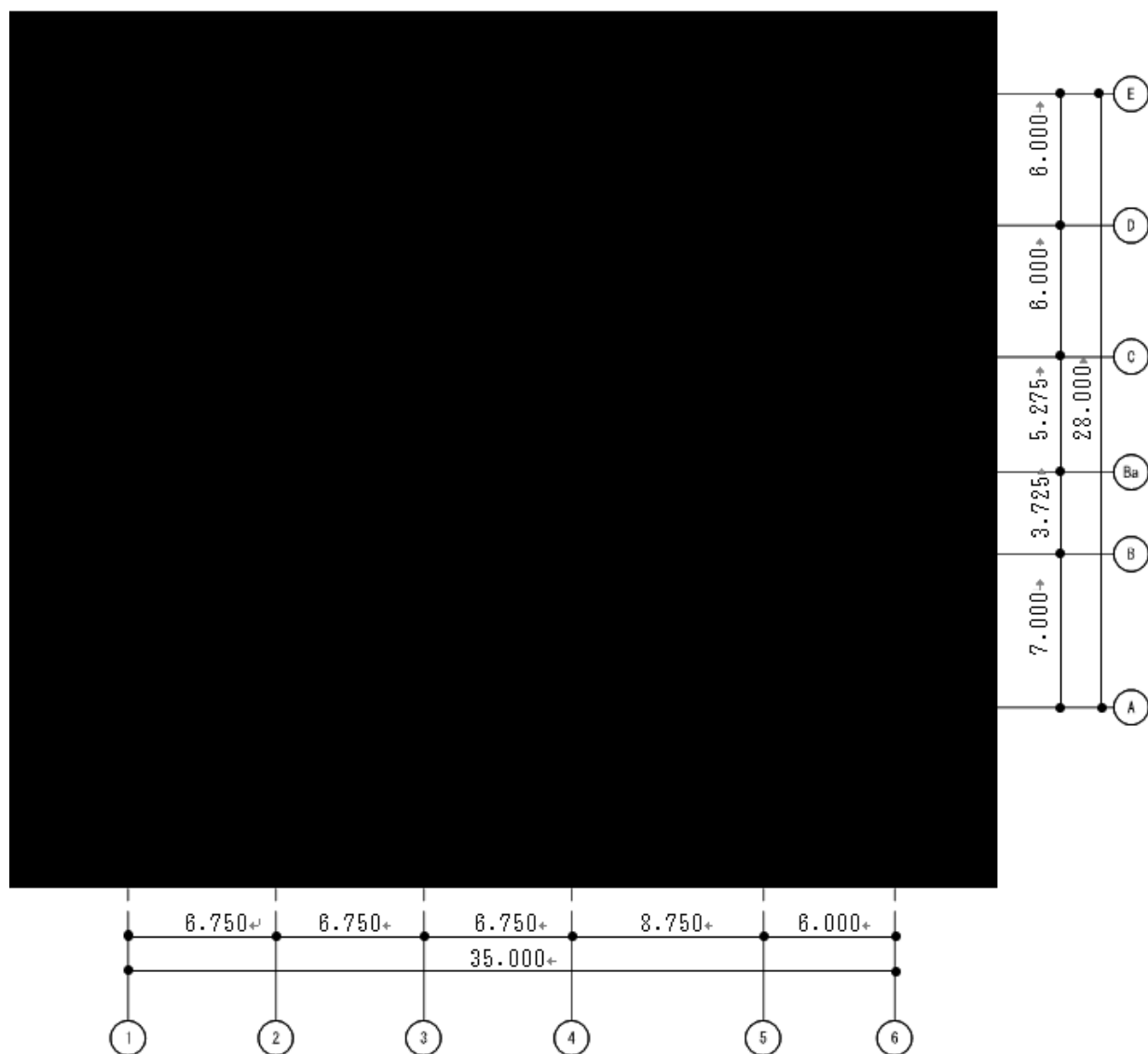
图-2 1 階平面図 (G.L. +0.3) (単位 : m)



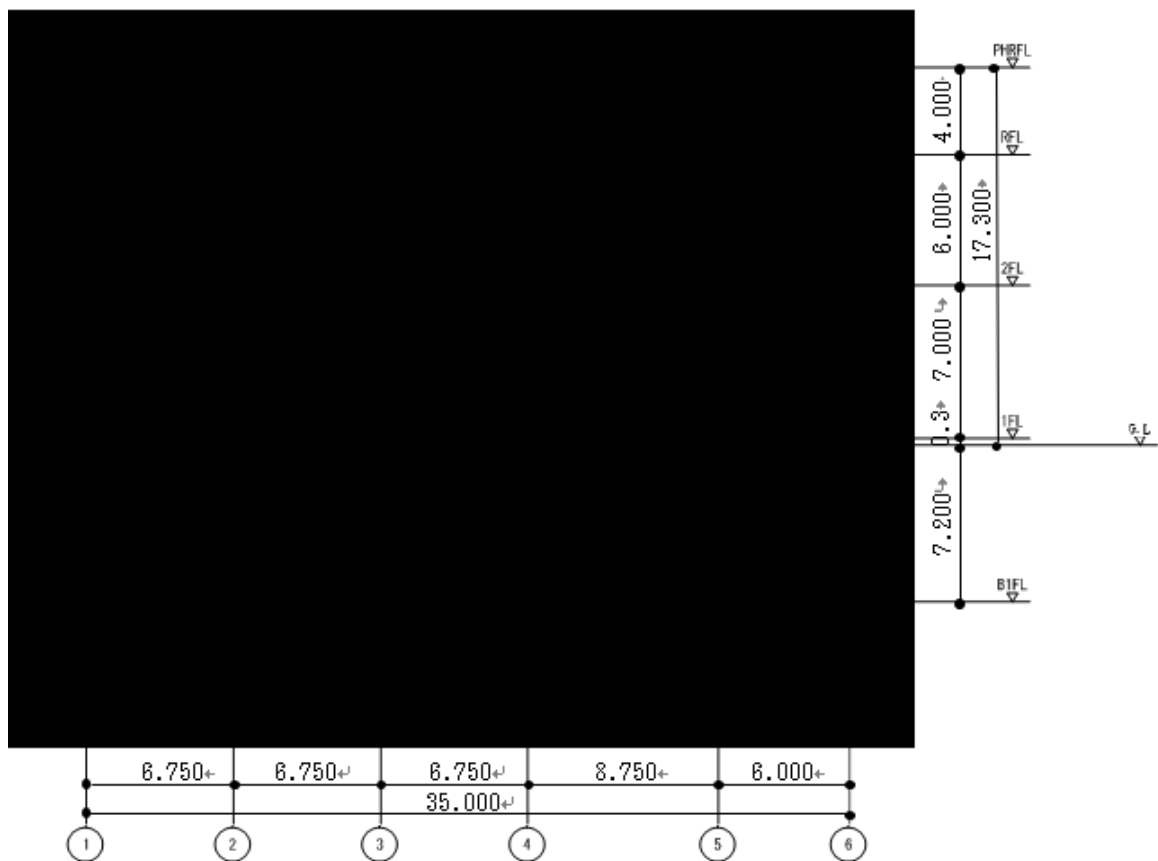
图—3 2 階平面図 (G.L. +7.3) (単位 : m)



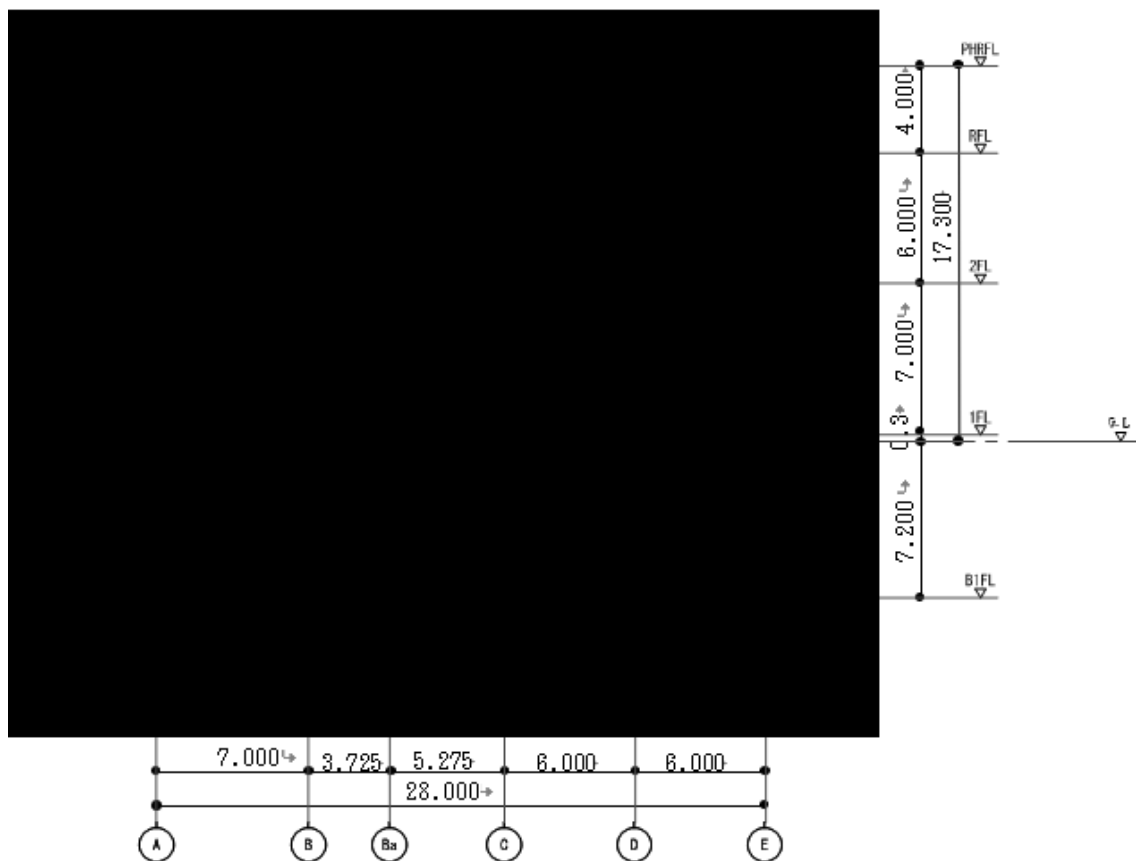
図一4 屋上階平面図 (G.L. +13.3, +14.8) (単位 : m)



图一5 屋根平面图 (G. L. +17.3) (单位 : m)



图—6 A—A 断面图 (EW 方向) (单位 : m)



图一7 B-B 断面图 (NS 方向) (单位 : m)

2. 静的地震力による耐震性評価

耐震性の評価は、地震層せん断力係数として $1.5C_i$ を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。
静的地震力による建屋の耐震性評価手順を図-8 に示す。

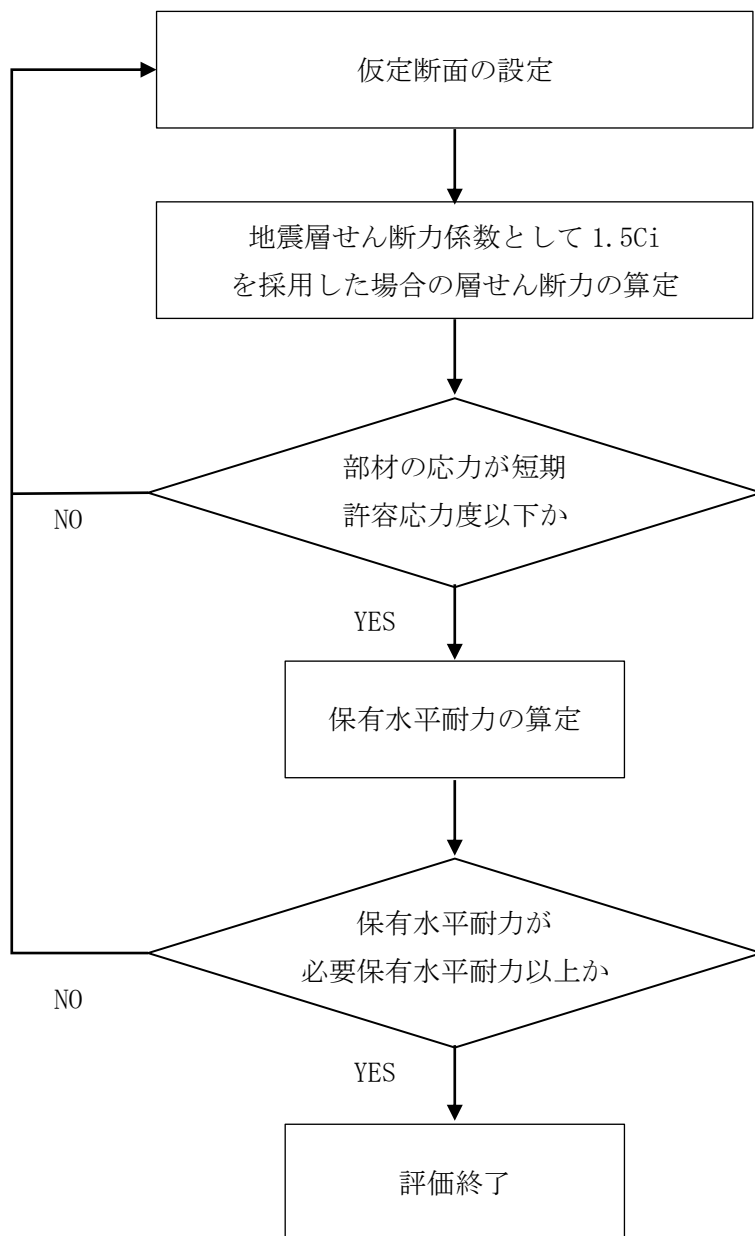


図-8 静的地震力による建屋の耐震性評価手順

2.1 評価条件

2.1.1 使用材料並びに材料の許容応力度及び材料強度

第 2 棟の上部構造に用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリートとし、コンクリートの設計基準強度 F_c は 36N/mm^2 及び 60N/mm^2 とする。鉄筋は SD295A, SD345 及び SD390 とする。各使用材料の許容応力度を表-5, 6 に示す。

表-5 コンクリートの許容応力度

	長期 (N/mm^2)		短期 (N/mm^2)	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
$F_c = 36\text{N/mm}^2$	12	0.85	24	1.27
$F_c = 60\text{N/mm}^2$	20	1.09	40	1.63

＊：コンクリートの許容応力度は「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 平成 25 年 8 月）（以下「RC-N 規準」という。）により、コンクリートの圧縮強度の管理は「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 平成 25 年 2 月）（以下「JASS 5N」という。）による。

表-6 鉄筋の許容応力度

		長期 (N/mm^2)		短期 (N/mm^2)	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A	D16 以下	195	195	295	295
SD345	D19～D25	215	195	345	345
SD390	D29～D38	195	195	390	390

＊：鉄筋の許容応力度は「RC-N 規準」により、鉄筋の材質、強度、化学成分は「JIS G 3112」による。

2.1.2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重

設計で考慮する荷重を以下に示す。

a. 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重は、固定荷重、積載荷重（機器荷重を含む。）及び仕上荷重（配管荷重を含む。）とする。

b. 積雪荷重 (SNL)

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細則第 19 条に準拠し以下の条件とする。

積雪量：30cm, 単位荷重： $20\text{N/m}^2/\text{cm}$

c. 風荷重 (WL)

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

- ・基準風速：30m/s
- ・地表面粗度区分：Ⅲ

d. 地震荷重 (SEL)

地震力を算定する際の基準面は、地上面として、建屋の高さに応じた当該部分に作用する全体の地震力を算定する。水平地震力は下式により算定し、算定結果を表－7、図－9 に示す。

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

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

ここで、

Q_i : 水平地震力 (kN)

n : 施設の重要度分類に応じた係数 ($n=1.5$)

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該層以上の重量 (kN)

Z : 地震地域係数 ($Z=1.0$)

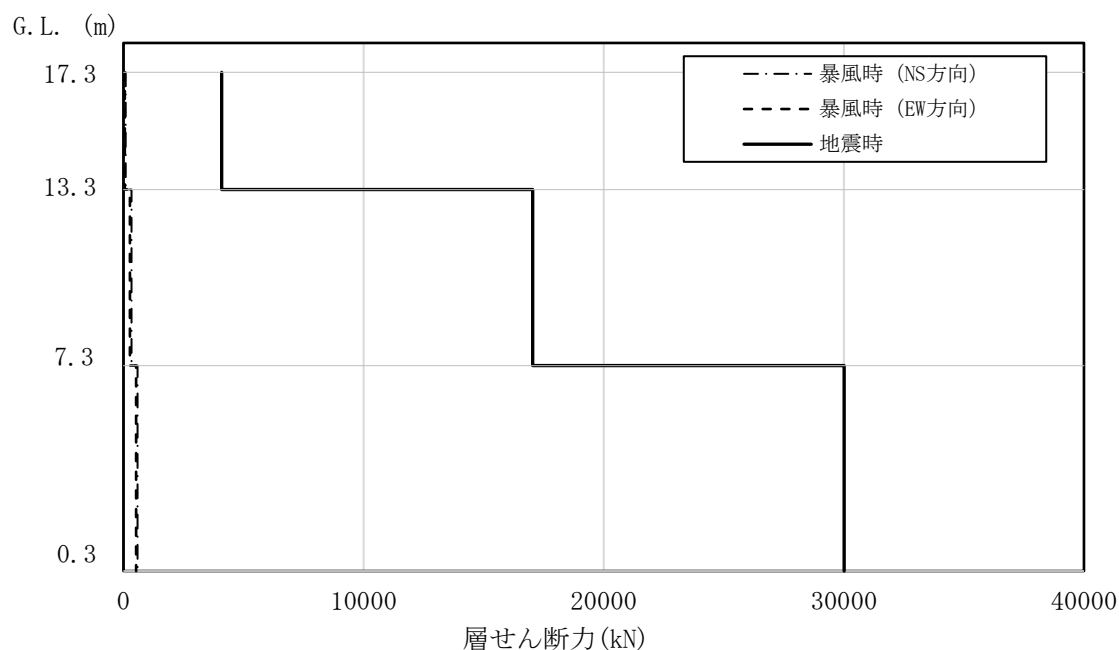
R_t : 振動特性係数 ($R_t=1.0$)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 ($C_0=0.2$)

表－7 水平地震力の算定結果

G. L. (m)	当該層以上の重量 W_i (kN)	地震層せん断力係数 $1.5C_i$	設計用地震力 (層せん断力) (kN)
+17.30	5660	0.723	4089
+13.30	35104	0.418	17043
+7.30	59280	0.300	30013
+0.30	84932	0.300	55493
-7.20			



図－9 暴風時と地震時(1.5Ci)の層せん断力の比較結果

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せについて表－8 に示す。

表－8 荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常 時	A	VL	長 期
積雪時	B	VL + SNL	短 期
地震時*	C1	VL + SEL (W→E方向)	
	C2	VL + SEL (E→W方向)	
	C3	VL + SEL (S→N方向)	
	C4	VL + SEL (N→S方向)	
暴風時	D1	VL+WL (W→E 方向)	
	D2	VL+WL (E→W 方向)	
	D3	VL+WL (S→N 方向)	
	D4	VL+WL (N→S 方向)	

*：地震層せん断力係数 C_i を 1.5 倍して算定。

2.2 評価結果

上部構造の応力解析は、大はり及び柱を線材置換したフレームに、耐震壁を壁エレメント置換して組み込んだ立体ラーメンモデルにより行う。基礎スラブの応力解析は、フラットスラブとして板材を線材置換して評価する。

2.2.1 耐震壁の評価結果

検討により求められた耐震壁への作用応力と許容応力を比較して、検定比が最大となる部位を表－9に示し、配筋図を図－10に示す。

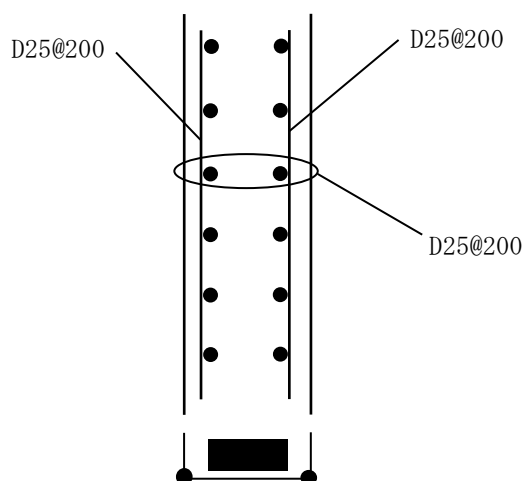
これにより、耐震壁への作用応力は、許容応力以下であることを確認した。

表－9 耐震壁の検討結果(1.5Ci)

部位	断面* ¹	荷重 ケース	作用応力 (kN)	許容応力* ² (kN)	検定比
B1 階 6 通り C～D 通り間	壁厚 ($F_c=36$) タテ筋 D25@200 ダブル ヨコ筋 D25@200 ダブル	地震時 C3	5231.1	8731.7	$0.60 \leq 1.0$

*1：コンクリート部材の断面寸法及び鉄筋の据付状態は「JASS 5N」による。

*2：「RC-N 規準」による。



図－10 耐震壁の配筋図(mm)

2.2.2 大ばり及び柱の評価結果

検討により求められたラーメン部材への作用応力と許容応力を比較して、検定比が最大となる部位について表－10、11 に示す。

これにより、各部材の応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表－10 大ばり断面算定表(1.5Ci)

検討箇所	断面*1	荷重ケース	応力	作用応力 (曲げモーメント:kN・m せん断力:kN)	許容応力*2 (曲げモーメント:kN・m せん断力:kN)	検定比
R 階 3 通り +2200 A～B 通り間	B×D = (F _c =36) 上端筋 7-D35 下端筋 5-D35 あばら筋 3-D13@150 (端部)	常時 A	曲 げ モ ー メ ン ト	790.7	842.9	0.94≤1.0
			せん断力	427.6	765.2	0.56≤1.0
1 階 5 通り Ba～C 通り間	B×D = (F _c =36) 上端筋 8-D38 下端筋 6-D38 あばら筋 4-D13@200 (端部)	地震時 C4	曲 げ モ ー メ ン ト	1978.5	2843.3	0.66≤1.0
			せん断力	1286.9	1585.0	0.81≤1.0

*1：コンクリート部材の断面寸法及び鉄筋の据付状態は「JASS 5N」による。

*2：「RC-N 規準」による。

表－11 柱断面算定表(1.5Ci)

検討箇所	断面*3	荷重ケース	応力	作用応力 (曲げモーメント:kN・m せん断力:kN)	許容応力*4 (曲げモーメント:kN・m せん断力:kN)	検定比
B1 階 C/2 通り	B×D = (F _c =60) 主筋 8-D38 帯筋 3-3-D13@100 (柱頭)	常時 A	曲 げ モ ー メ ン ト	31.9	85.4 (軸力 5763.6 kN 作用時*5)	0.37≤1.0
			せん断力	69.1	842.3	0.08≤1.0
1 階 A/6 通り	B×D = (F _c =60) 主筋 8-D38 帯筋 2-2-D13@100 (柱頭)	地震時 C2	曲 げ モ ー メ ン ト	755.0	1298.3 (軸力 548.9kN 作用時*5)	0.58≤1.0
			せん断力	323.3	1327.1	0.24≤1.0

*3：コンクリート部材の断面寸法及び鉄筋の据付状態は「JASS 5N」による。

*4：「RC-N 規準」による。

*5：圧縮を正とする。

2.2.3 基礎スラブの評価結果

検討により求められた基礎スラブへの作用応力と許容応力を比較して、検定比が最大となる箇所の断面検討結果を表－12 に示す。基礎スラブ配筋図を図－11 に示す。

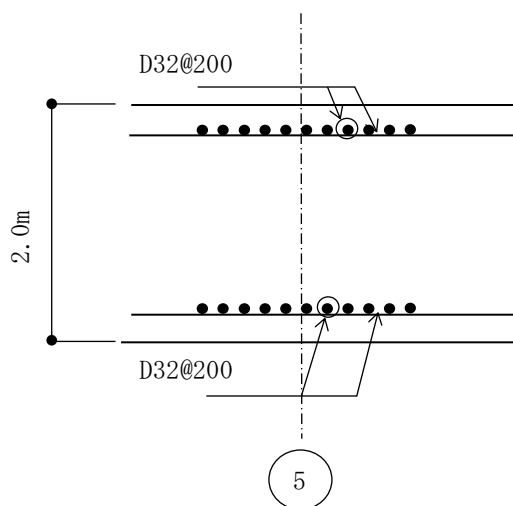
これにより、各部材の応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表－12 基礎スラブ断面算定表(1.5Ci)

検討箇所*1	荷重 ケース	応力	作用応力	許容応力*2	検定比
			曲げモーメント：kN・m せん断力：kN	曲げモーメント：kN・m せん断力：kN	
A～B/4～5 通り間	常時 A	曲げモーメント	800.8	1239.4	0.65≦1.0
		せん断力	950.1	1360.8	0.70≦1.0
E/4～5 通り間	地震時 C3	曲げモーメント	2715.0	4790.4	0.57≦1.0
		せん断力	1392.3	1964.6	0.71≦1.0

*1：コンクリート部材の断面寸法及び鉄筋の据付状態は「JASS 5N」による。

*2：「RC-N 規準」による。



図－11 基礎スラブの配筋図（C 通り）

2.2.4 地盤の評価結果

(1) 設計方針

第2棟を支持する地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約37.6m、東西方向に約40.0m、人工岩盤＝厚さ約5.4m、 $F_c=18\text{N/mm}^2$ を介して、T.P.+約24.0m（G.L.-約16.0m）の富岡層とする。

常時及び地震時に地盤に生じる最大接地圧が許容応力度以下であることを確認する。

(2) 常時における地盤の検討

常時における地盤に生じる最大接地圧と許容応力度を比較して、検定比が最大となる位置について表-13に示す。

これにより、地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表-13 地盤の許容応力度と接地圧の比較(1.5Ci)

検討位置	接地圧 (kN/m^2)	許容応力度 (kN/m^2)	検定比
A/2 通り	443	1000	$0.44 \leq 1.0$

(3) 地震時における地盤の検討

地震時における地盤に生じる最大応力と許容応力度を比較して、検定比が最大となる位置について表-14に示す。

これにより、地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表-14 地盤の許容応力度と接地圧の比較(1.5Ci)

検討位置	接地圧 (kN/m^2)	許容応力度 (kN/m^2)	検定比
A/2 通り	588	2000	$0.29 \leq 1.0$

2.3 保有水平耐力の検討

保有水平耐力 (Q_u) が必要保有水平耐力 (Q_m) 以上であることを確認する。

各層の保有水平耐力は、「建築基準法施行令第82条の3」及び「平成19年国土交通省告示第594号」に基づき算出する。各層の必要保有水平耐力と保有水平耐力の算定結果を表-15に示す。

これにより、第2棟は必要保有水平耐力以上の保有水平耐力を有していることを確認した。

表－15 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較(1.5Ci)

(1) EW 方向 (長辺)

G. L. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ～ +17.30	7497	27262	3.64
+7.30 ～ +13.30	31245	113617	3.64
+0.30 ～ +7.30	55024	200089	3.64
－7.20 ～ +0.30	101737	369953	3.64

(2) NS 方向 (短辺)

G. L. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}$
+13.30 ～ +17.30	7497	25899	3.45
+7.30 ～ +13.30	31245	107936	3.45
+0.30 ～ +7.30	55024	190084	3.45
－7.20 ～ +0.30	101737	351456	3.45

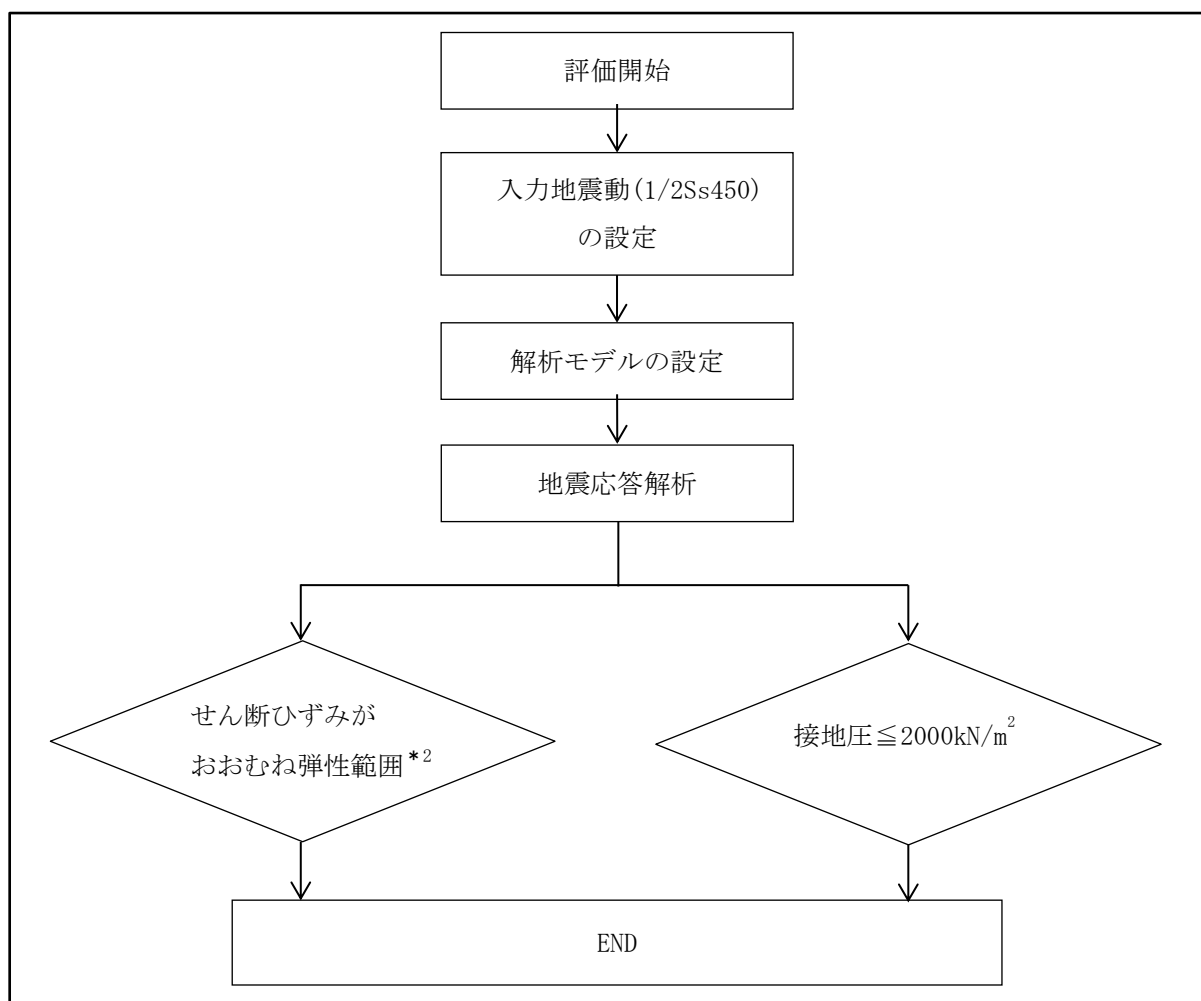
3. 動的地震力による耐震性評価

3.1 解析評価方針

動的地震力による耐震性評価は、検討用地震動^{*1}に0.5を乗じた地震動（以下「1/2Ss450」という。）を用いた地震応答解析により、建屋や地盤の応答性状を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

建屋解析モデルは、地下1階から地上2階及び塔屋の建屋全域を水平（NS，EW）方向，鉛直（UD）方向ともに1軸質点系モデルとする。

1/2Ss450 による耐震性の確認は、図－12 の動的地震力による建屋の耐震性評価手順に基づき実施する。



図－12 動的地震力による建屋の耐震性評価手順(1/2Ss450)

*1：「第27回特定原子力施設監視・評価検討会」における「東京電力福島第一原子力発電所の外部事象に対する防護の検討について」にて制定された検討用地震動①（1/2Ss450-①）及び検討用地震動②（1/2Ss450-②）とする。

*2：鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」における第2折れ点以下であること。

3.2 解析に用いる入力地震動

第2棟の建屋解析モデルに入力する地震動は、1/2Ss450を解放基盤表面レベルに入力して一次元波動論により算出した建屋基礎底面レベルの応答波とする。

なお、解放基盤表面位置における1/2Ss450の加速度時刻歴波形を図－13～17に示す。

水平方向の入力地震動の算定に用いる地盤モデルは、当該敷地の地層等を考慮して設定された水平成層地盤とし、等価線形化法により地盤の非線形性を考慮する。また、建屋基礎底面位置におけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

鉛直方向の入力地震動の算定に用いる地盤モデルは、水平方向の入力地震動の算定において設定された物性値に基づき、建屋基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルとする。

地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図-18、19に、地盤定数を表-16に、建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形を図-20～24に示す。

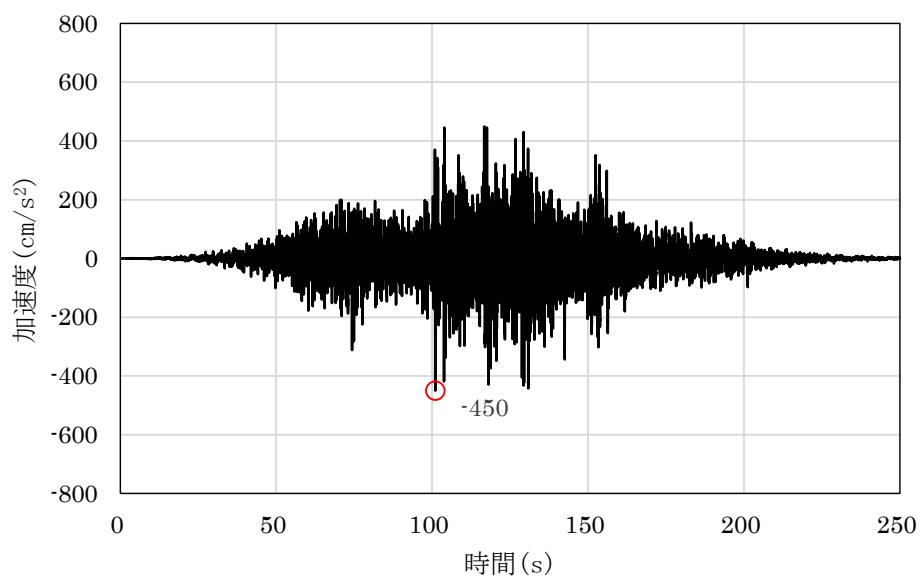


図-13 解放基盤表面位置における 1/2Ss450 の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-① 水平方向)

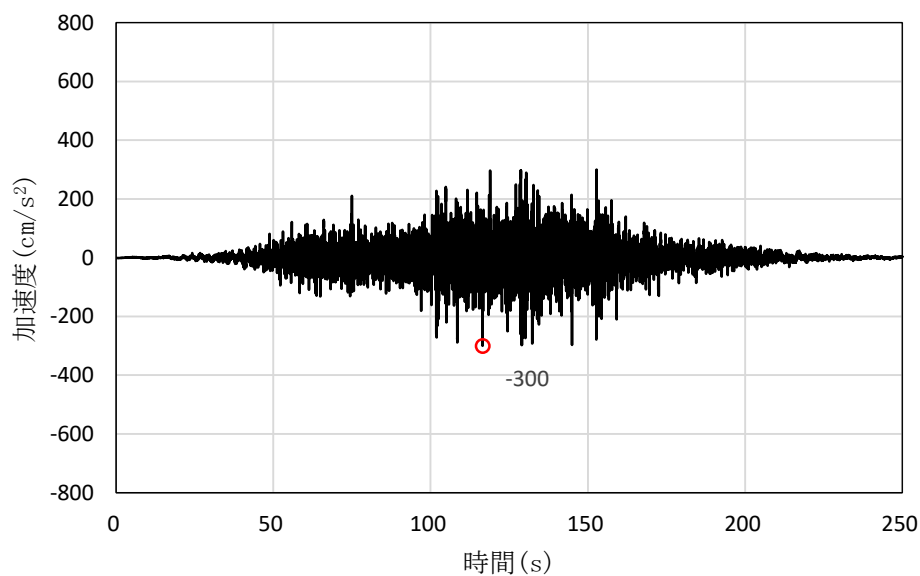
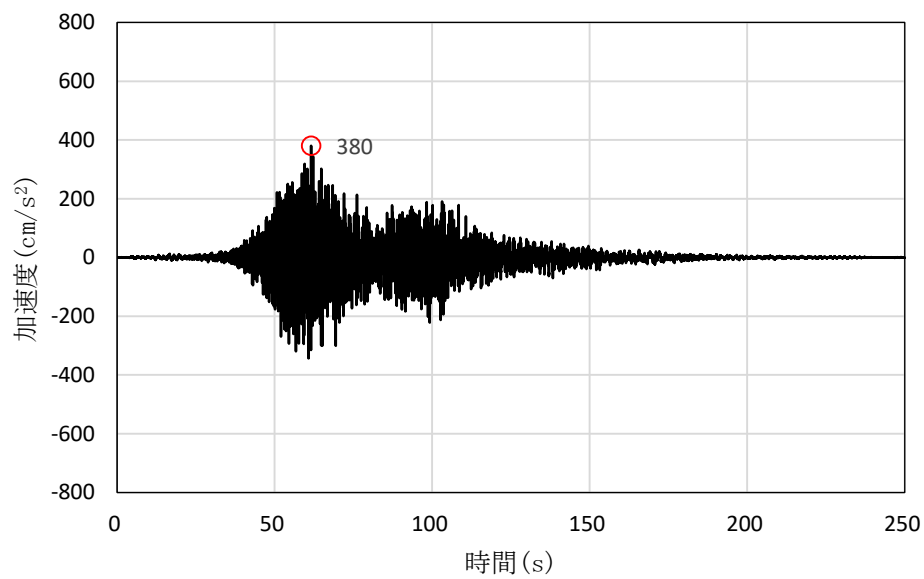
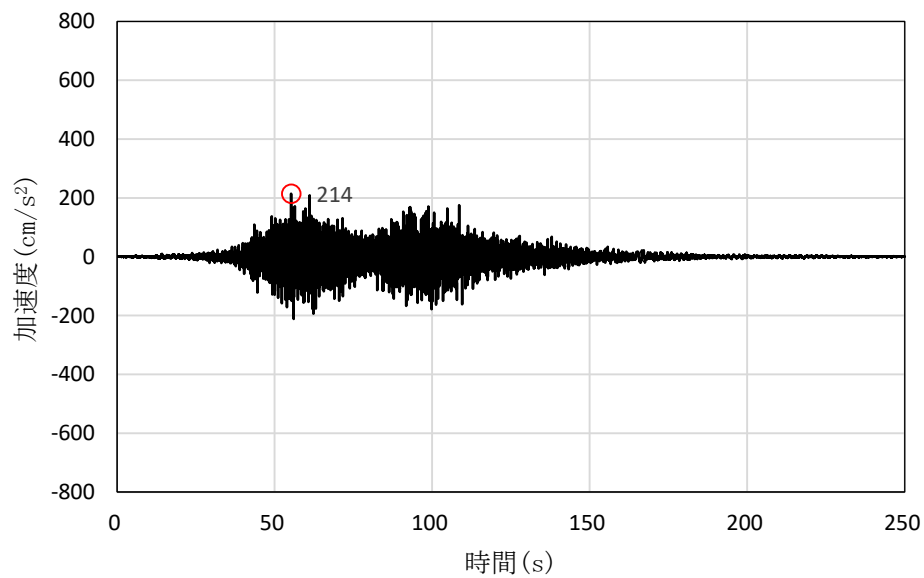


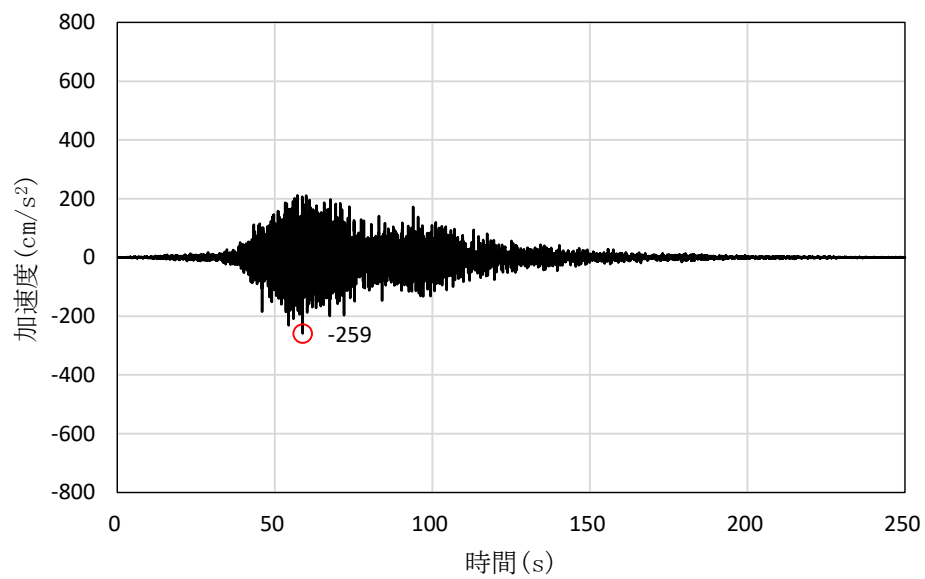
図-14 解放基盤表面位置における 1/2Ss450 の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-① 鉛直方向)



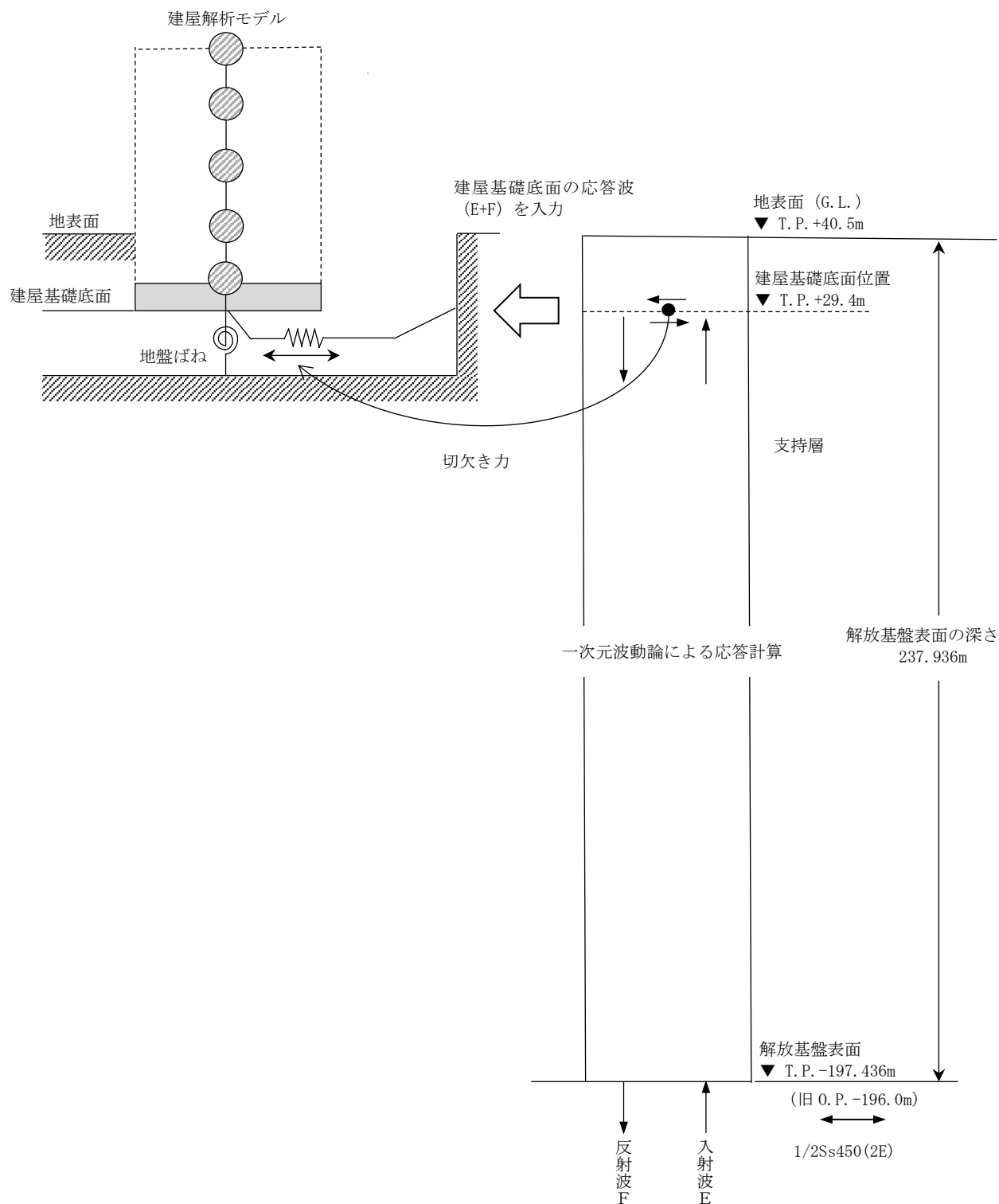
図－15 解放基盤表面位置における 1/2Ss450 の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 水平方向【NS 方向】)



図－16 解放基盤表面位置における 1/2Ss450 の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 水平方向【EW 方向】)



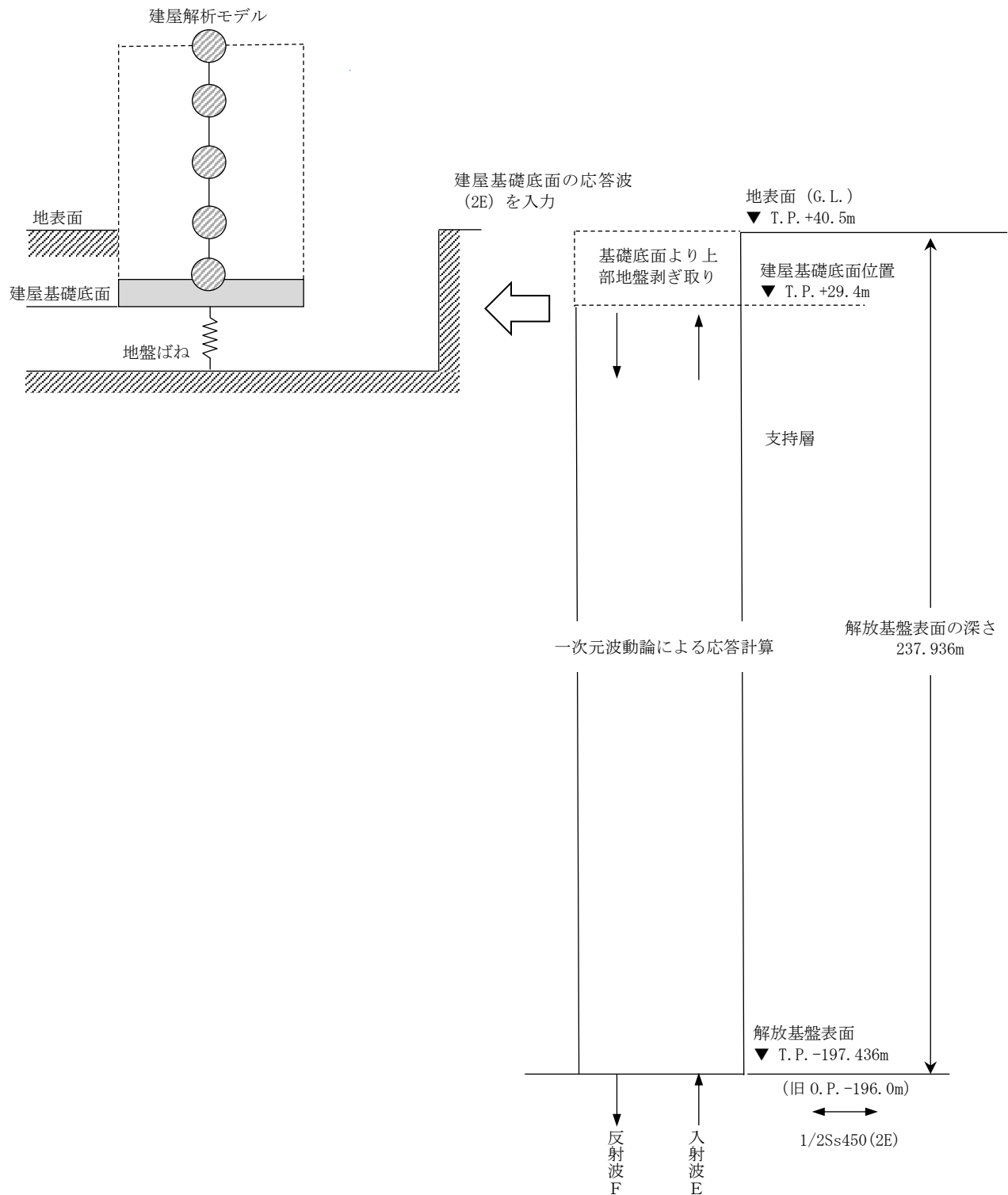
図－17 解放基盤表面位置における 1/2Ss450 の加速度時刻歴波形
 (1/2Ss450-② 鉛直方向【UD 方向】)



本資料に記載の標高は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P. からT.P. への読替値(-727mm)を用いて、下記に基づき換算している。

<換算式> T.P. = 旧 O.P. -1436mm

図-18 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図（水平方向）



本資料に記載の標高は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P. からT.P. への読替値(-727mm)を用いて、下記に基づき換算している。

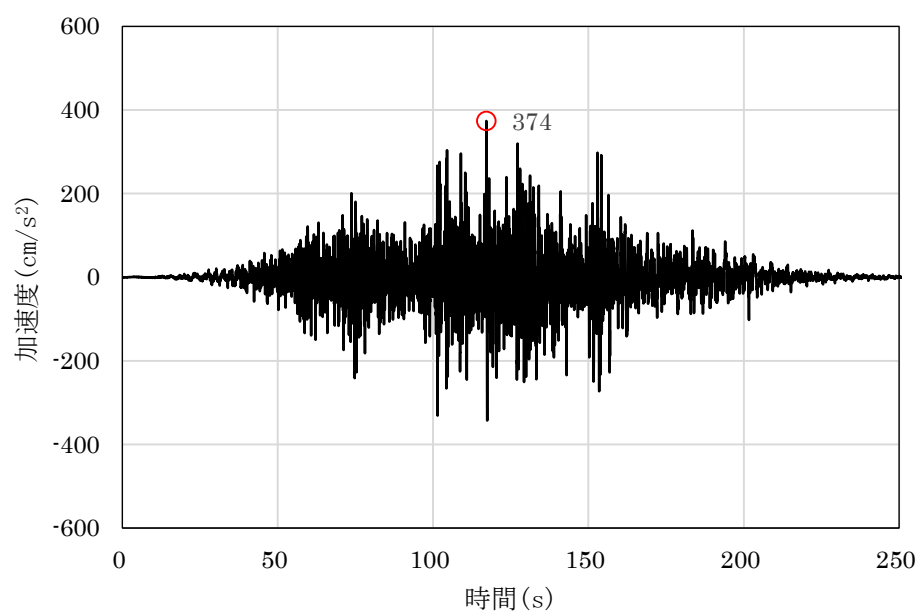
<換算式> T.P. = 旧 O.P. -1436mm

図-19 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図 (鉛直方向)

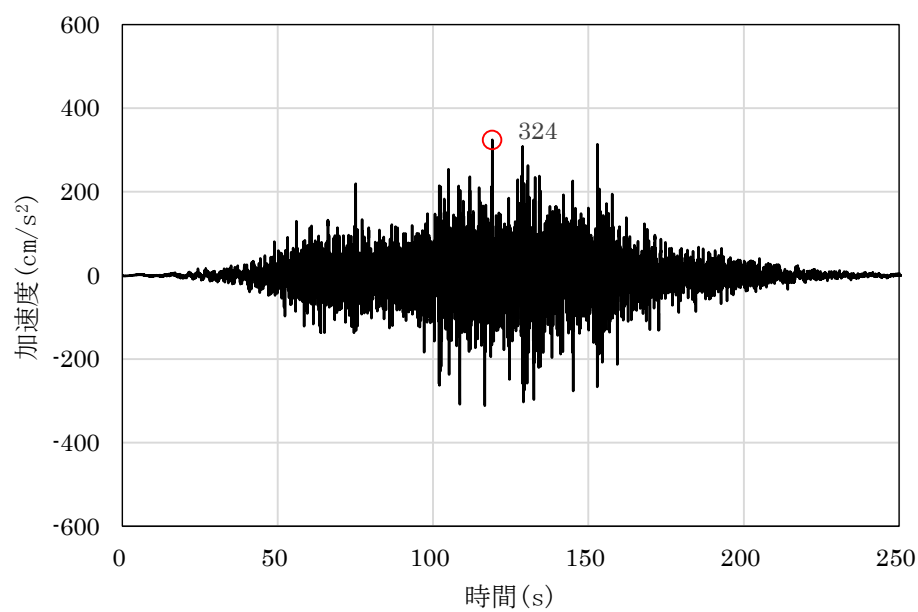
表—16 地盤定数

地層名	標高		湿潤密度 ρ (t/m^3)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	せん断波速度 V_s (m/s)	動的変形特性		動的変形特性	
	上端 T.P. (m)	下端 T.P. (m)				せん断弾性係数 G_0 (kN/m^2)	動ポアソン比 ν		
埋戻土	40.500	37.930	1.80	17.65	201	72600	0.350	$1/(1+10.65\gamma^{0.778})$	$G/G_0 \sim \gamma$ (%)
ロ一ム層	37.930	35.930	1.74	17.06	164	46700	0.410	$1/(1+11.00\gamma^{0.802})$	$22.97\gamma^{0.289}$ $17.80\gamma^{0.277}$
段丘堆積物	35.930	33.370	1.59	15.59	315	158000	0.480	$1/(1+6.872\gamma^{0.614})$	$14.79/(1+0.036/\gamma)$
T3 部層 互層部	33.370	18.450	1.76	17.26	414	302000	0.460	$1/(1+3.257\gamma^{0.688})$	$17.57/(1+0.084/\gamma)$
T3 部層 泥質部	18.450	16.230	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086+1.617}$
T3 部層 細粒砂岩	16.230	14.470	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	14.470	12.220	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086+1.617}$
T3 部層 粗粒砂岩	12.220	11.400	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	11.400	-18.070	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086+1.617}$
T2 部層	-18.070	-110.470	1.75- 0.000417Z	17.16- 0.004089Z	深度依存	254000- 3220Z	0.467+ 0.00022Z	$1/(1+2.845\gamma^{0.918})$	$10.54\gamma^{0.865+0.903}$
T1 部層	-110.470	-183.180	1.79	17.55	610	667000	0.440	$1/(1+2.586\gamma^{0.722})$	$15.04\gamma^{0.517}$
先富岡層	-183.180	-197.436	1.88	18.44	712	954000	0.420	$1/(1+2.714\gamma^{0.920})$	$14.69\gamma^{0.583}$
解放基盤表面	-197.436	—	1.88	18.44	712	—	—	—	—

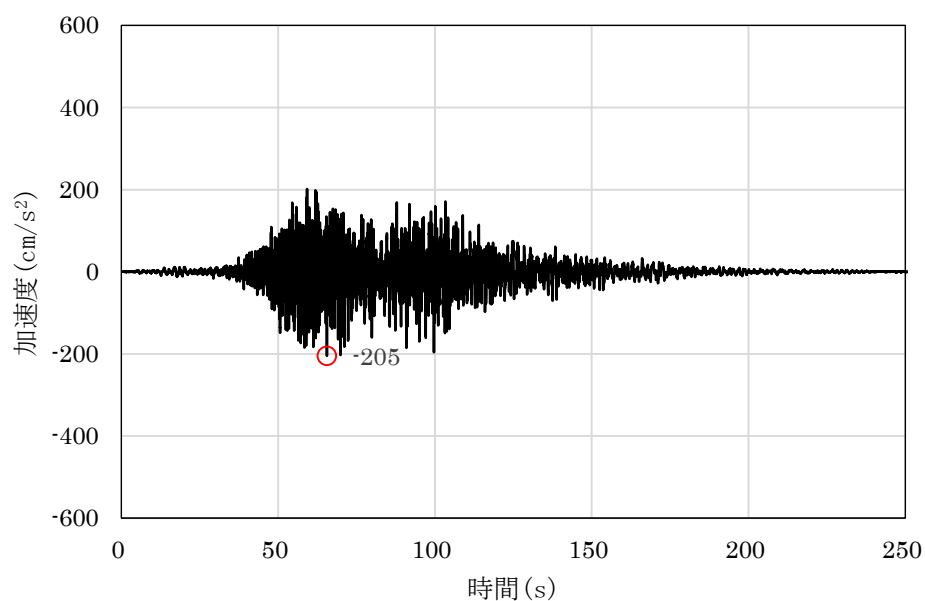
Z: 標高 O.P. (m)



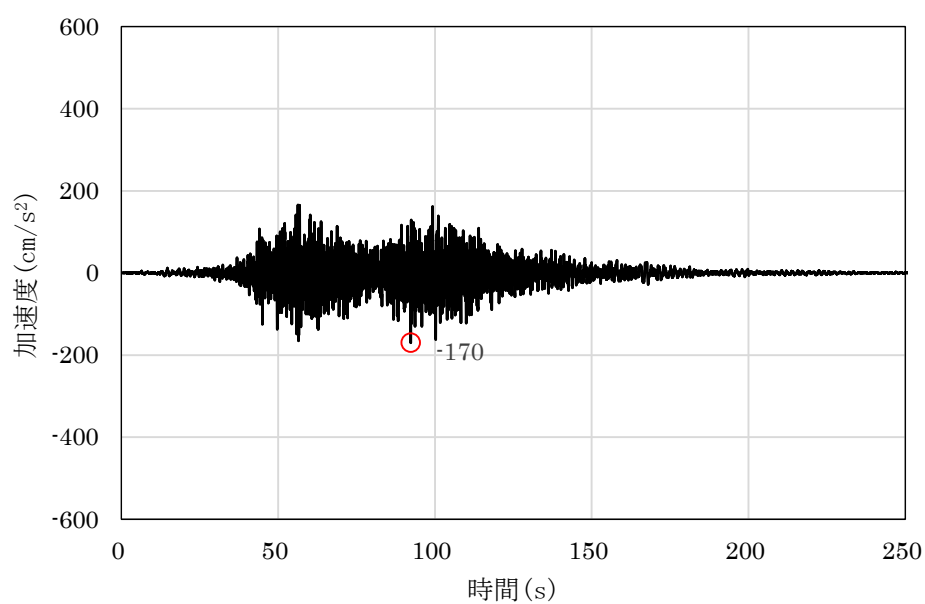
図－20 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-① 水平方向)



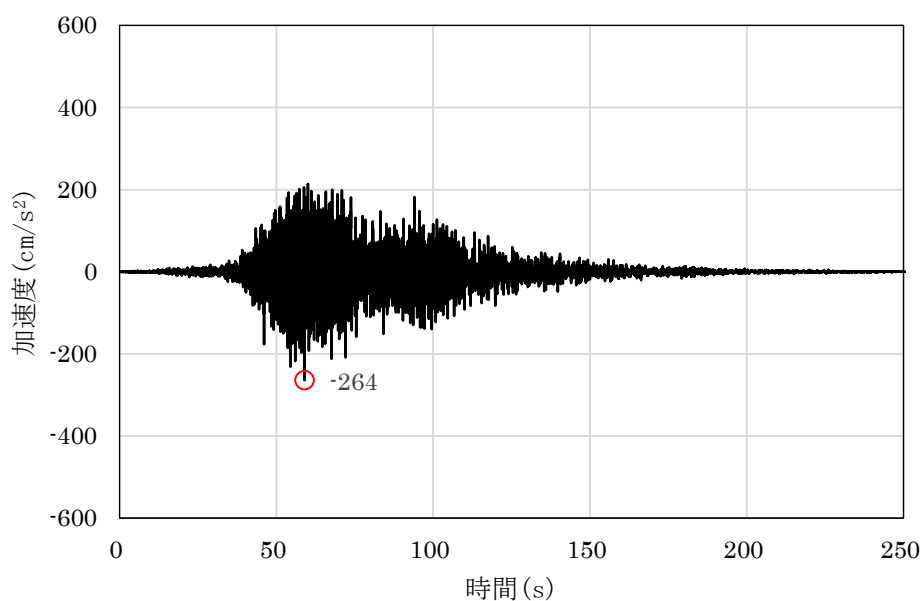
図－21 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-① 鉛直方向)



図－22 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 水平方向【NS 方向】)



図－23 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 水平方向【EW 方向】)



図－24 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(1/2Ss450-② 鉛直方向【UD 方向】)

3.3 地震応答解析モデル

1/2Ss450を用いた第2棟の地震応答解析は、「3.2 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析にて実施する。建屋は、図－25、26の建屋解析モデルに示すように、水平モデルは質点とはり要素からなる集中質点系に置換した弾塑性等価せん断解析モデルとし、鉛直モデルは質点とばね要素とした集中質点系解析モデルとする。地盤は建屋の埋込み効果は無視し、建屋基礎底面位置の地盤をばねによってモデル化する。コンクリートの材料定数を表－17に、建屋解析モデルの諸元を表－18、19に示す。地盤ばねは一次元波動論による解析モデルを用いて成層補正を行い、小堀の方法により地盤ばねを算定する。解析に用いた地盤ばねを表－20～22に示す。

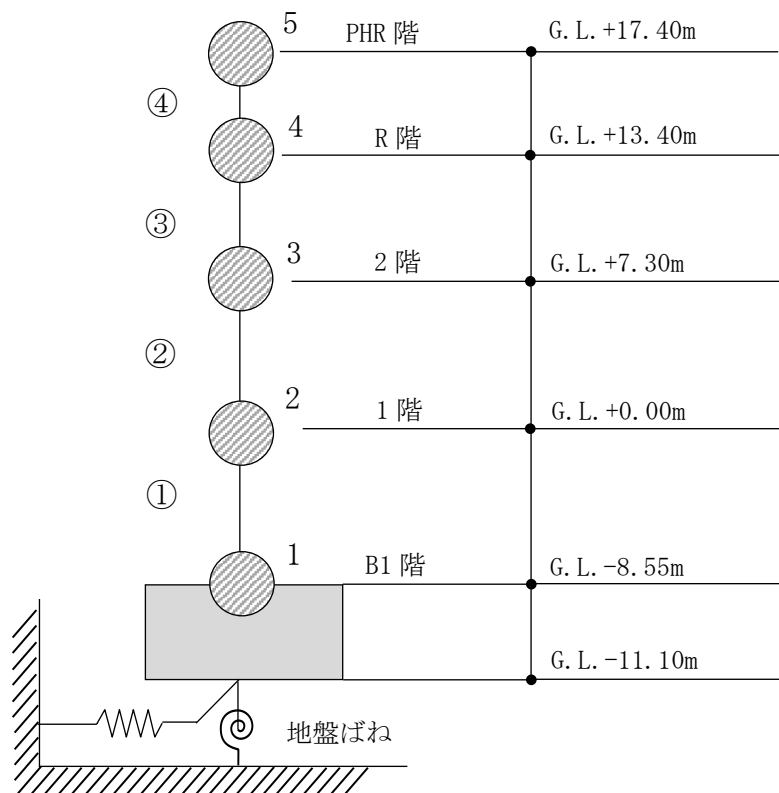


図-25 建屋解析モデル（水平方向）

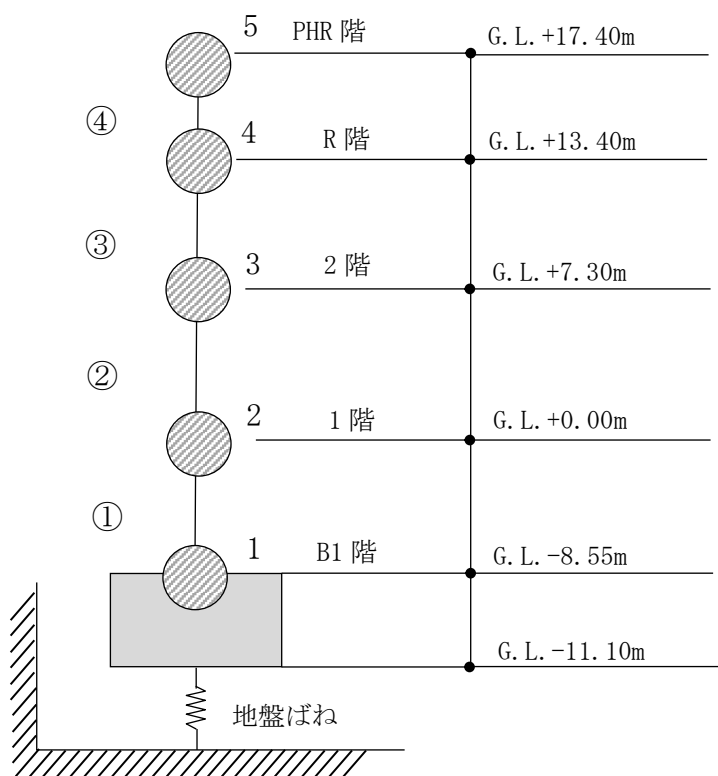


図-26 建屋解析モデル（鉛直方向）

表-17 コンクリートの材料定数

設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (kN/m ²)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	減衰定数 h (%)
36	2.595×10^7	1.081×10^7	3.0

表-18 建屋解析モデルの諸元（水平方向）

【NS 方向】

質点 番号	高さ G. L. (m)	重量 (kN)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)
5	17.40	5660	④	4.274
4	13.40	35104		
3	7.30	59280	③	14.57
2	0.00	84932	②	22.88
1	-8.55	173265	①	32.01
建屋基礎底面における回転慣性重量は 42206 (×10 ³ kN・m ²)				

【EW 方向】

質点 番号	高さ G. L. (m)	重量 (kN)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)
5	17.40	5660	④	9.681
4	13.40	35104		
3	7.30	59280	③	31.81
2	0.00	84932	②	30.63
1	-8.55	173265	①	56.38
建屋基礎底面における回転慣性重量は 47765 (×10 ³ kN・m ²)				

表-19 建屋解析モデルの諸元（鉛直方向）

質点 番号	高さ G. L. (m)	重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m ²)	鉛直剛性 (kN/m)
5	17.40	5660	④	43.51	2.823×10^8
4	13.40	35104			
3	7.30	59280	③	145.4	6.187×10^8
2	0.00	84932	②	172.8	6.142×10^8
1	-8.55	173265	①	225.4	6.840×10^8

表-20 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（水平方向【NS 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
1/2Ss450-①	底面	水平	3.351×10^7	1.070×10^6
		回転	1.480×10^{10}	1.749×10^8
1/2Ss450-②	底面	水平	3.663×10^7	1.093×10^6
		回転	1.617×10^{10}	1.749×10^8

表-21 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（水平方向【EW 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
1/2Ss450-①	底面	水平	3.321×10^7	1.105×10^6
		回転	1.612×10^{10}	2.245×10^8
1/2Ss450-②	底面	水平	3.540×10^7	1.115×10^6
		回転	1.719×10^{10}	2.245×10^8

表-22 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（鉛直方向【UD 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分		
1/2Ss450-①	底面	鉛直	6.483×10^7	2.608×10^6
1/2Ss450-②	底面	鉛直	6.945×10^7	2.692×10^6

3.4 解析結果

3.4.1 固有値解析結果

建屋解析モデルの固有値解析結果を表－23，24 に示す。

表－23 固有値解析結果(1/2Ss450-①)

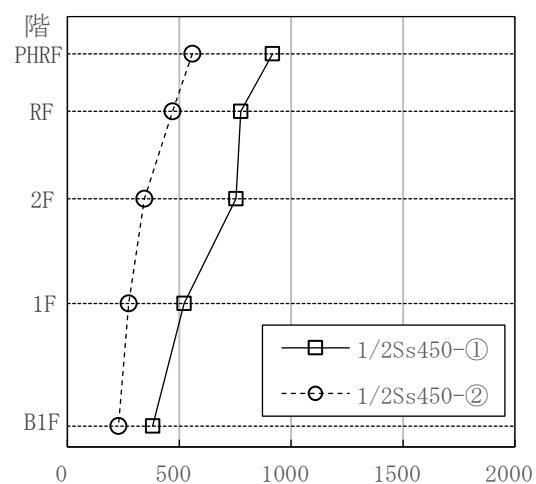
方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.268	3.73
	2	0.132	7.58
	3	0.082	12.21
EW	1	0.250	4.00
	2	0.129	7.78
	3	0.073	13.75
UD	1	0.152	6.59
	2	0.029	34.24
	3	0.016	64.37

表－24 固有値解析結果(1/2Ss450-②)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.260	3.84
	2	0.127	7.87
	3	0.080	12.46
EW	1	0.248	4.03
	2	0.126	7.93
	3	0.072	13.86
UD	1	0.147	6.81
	2	0.029	34.29
	3	0.016	64.37

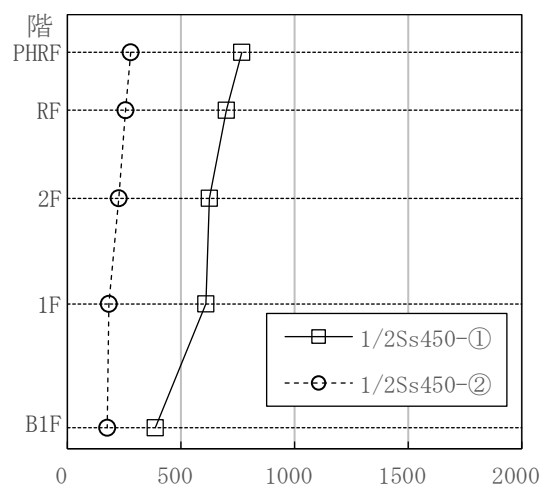
3.4.2 地震応答解析結果

1/2Ss450による水平方向の最大応答加速度，最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを図－27～32に，鉛直方向の最大応答加速度及び最大応答軸力を図－33，34に示す。



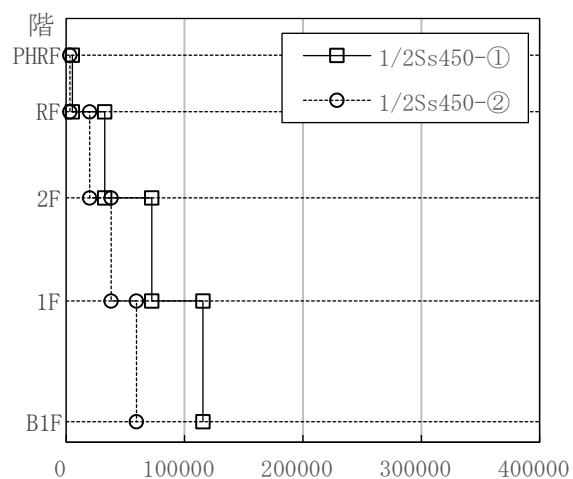
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF	917	559
RF	775	471
2F	754	344
1F	522	275
B1F	381	228

図-27 最大応答加速度(水平方向【NS 方向】) (単位 : cm/s^2)



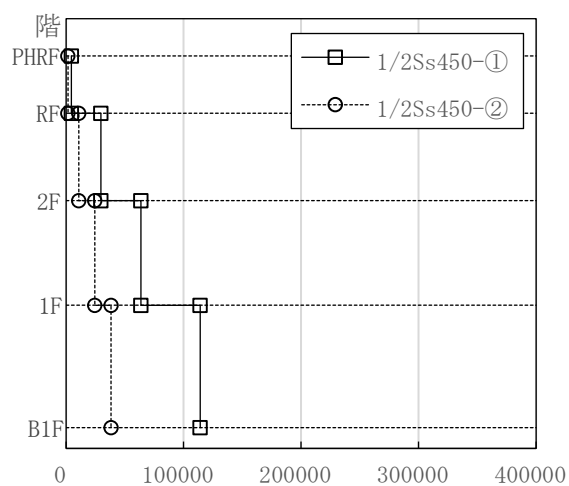
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF	768	279
RF	701	256
2F	625	226
1F	610	182
B1F	387	175

図-28 最大応答加速度(水平方向【EW 方向】) (単位 : cm/s^2)



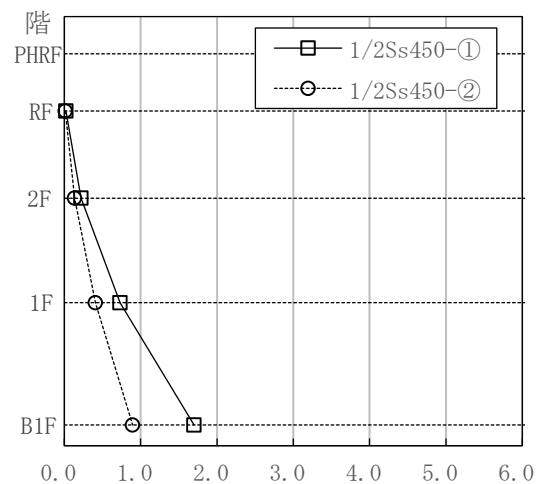
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF～PHRF	5276	3218
2F～RF	32603	20027
1F～2F	72476	38019
B1F～1F	115580	59452

図－29 最大応答せん断力（水平方向【NS 方向】）（単位：kN）



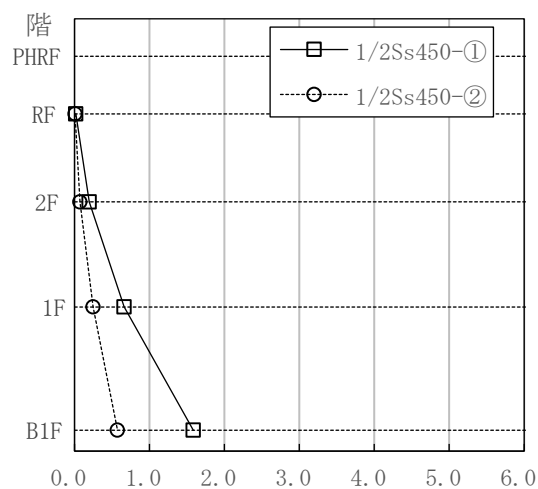
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF～PHRF	4452	1614
2F～RF	29603	10777
1F～2F	63596	24337
B1F～1F	114112	38200

図－30 最大応答せん断力（水平方向【EW 方向】）（単位：kN）



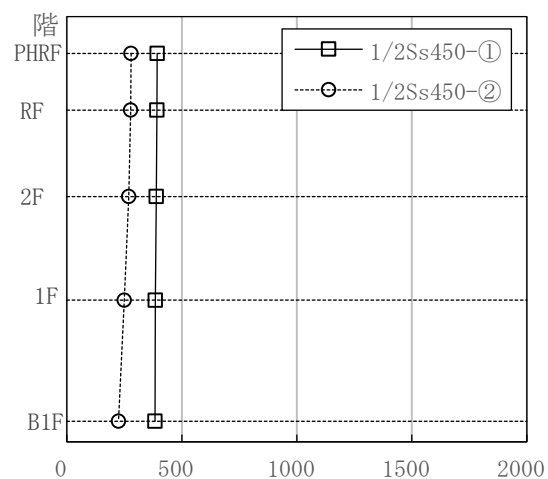
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF～PHRF	0.021	0.013
2F～RF	0.220	0.135
1F～2F	0.731	0.409
B1F～1F	1.699	0.895

図－31 最大応答曲げモーメント（水平方向【NS 方向】）（単位： $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ）



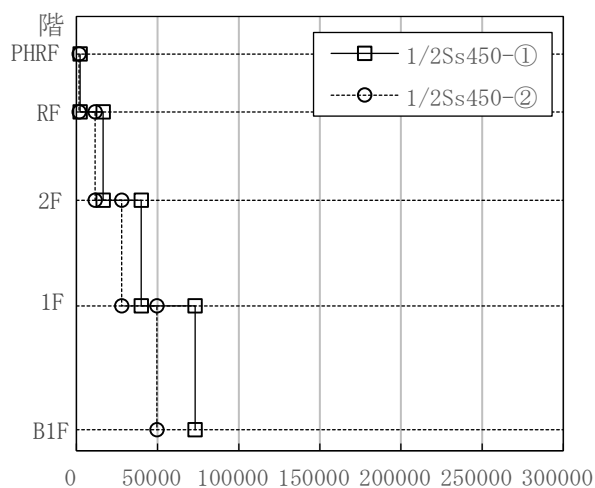
	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF～PHRF	0.018	0.006
2F～RF	0.198	0.072
1F～2F	0.662	0.249
B1F～1F	1.585	0.574

図－32 最大応答曲げモーメント（水平方向【EW 方向】）（単位： $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ）



	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
PHRF	393	279
RF	392	277
2F	390	270
1F	385	250
B1F	383	225

図－33 最大応答加速度（鉛直方向【UD 方向】）（単位：cm/s²）



	1/2Ss450-①	1/2Ss450-②
RF～PHRF	2278	1618
2F～RF	16378	11579
1F～2F	40020	27923
B1F～1F	73158	49589

図－34 最大応答軸力（鉛直方向【UD 方向】）（単位：kN）

3.5 耐震性評価結果

3.5.1 耐震壁の評価結果

地震応答解析で出力される耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.62×10^{-3} であり評価基準値以下であることを確認した。地震応答解析により得られた耐震壁のせん断ひずみを表-25, 26に示す。建屋各層のせん断応力度-せん断ひずみ関係は、図-35, 36のスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ ）関係となる。各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは 2.0×10^{-3} 以下であり、応答値はいずれも第2折れ点以下である。

表-25 耐震壁のせん断ひずみ（1/2Ss450-①）

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.11×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.21×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	0.44×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	0.62×10^{-3}

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.04×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.09×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.19×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.31×10^{-3}

*：評価基準値はスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ ）の第2折れ点を示す。

表-26 耐震壁のせん断ひずみ (1/2Ss450-②)

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.07×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.13×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	0.15×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	0.23×10^{-3}

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.02×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.03×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.07×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.06×10^{-3}

*：評価基準値はスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ ）の第2折れ点を示す。

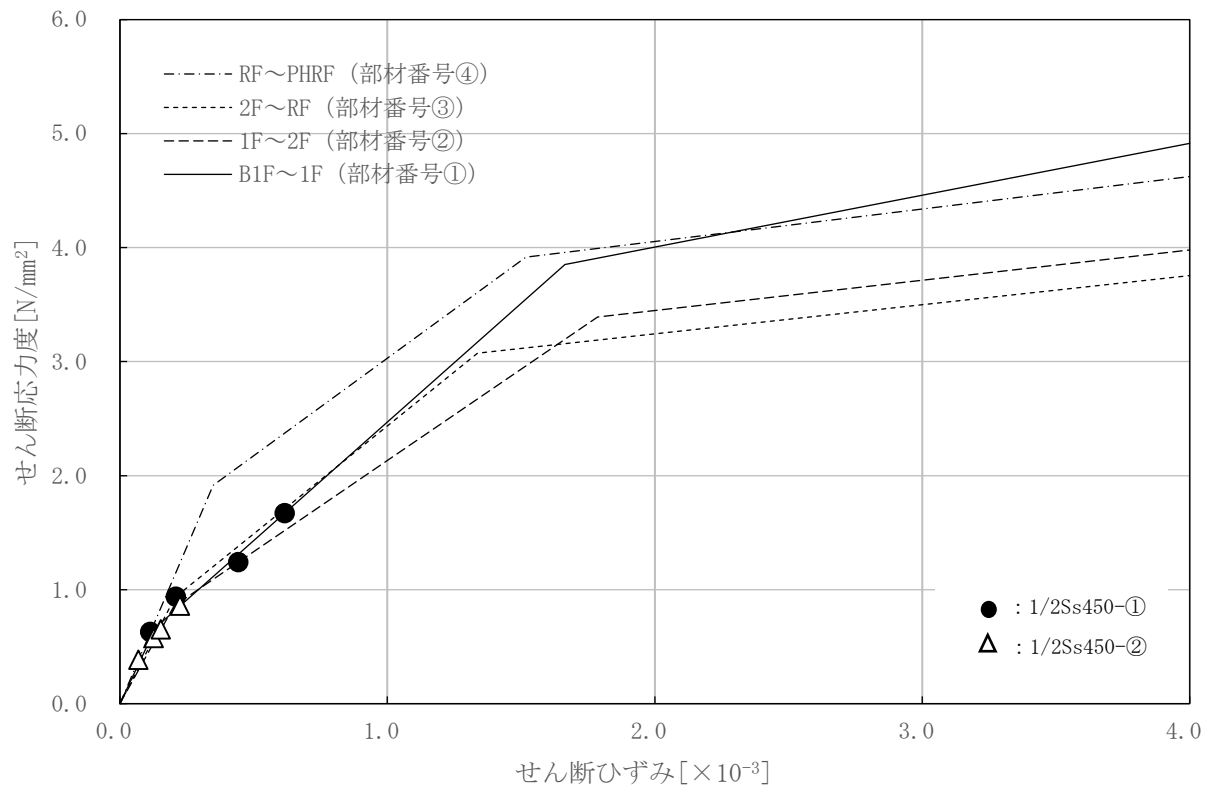


図-35 スケルトンカーブ(1/2Ss450)【NS 方向】

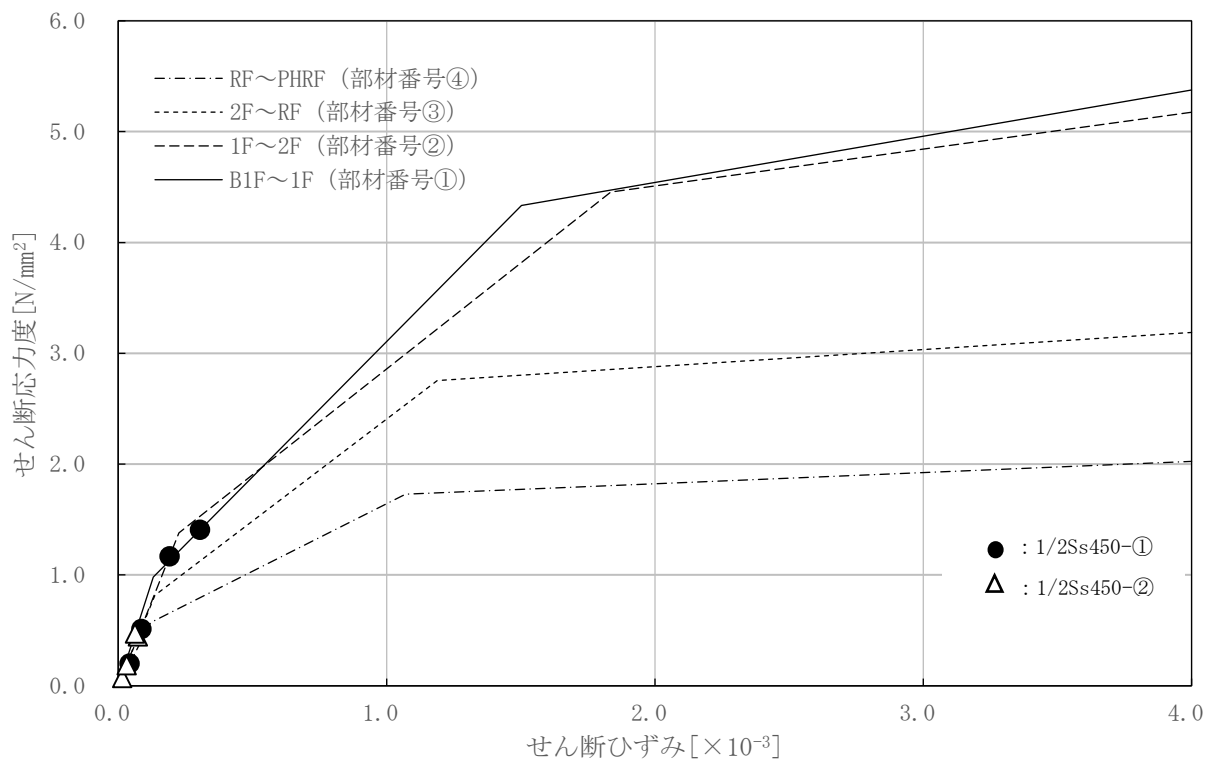


図-36 スケルトンカーブ(1/2Ss450)【EW 方向】

3.5.2 接地圧の評価結果

1/2Ss450による地震応答解析の結果に基づく接地圧の一覧を表－27，28に示す。

接地圧は，最大で566kN/m²（NS方向）であり，評価基準値（短期許容支持力度2000kN/m²）を超えないことを確認した。

表－27 最大接地圧（1/2Ss450-①）

（単位：kN/m²）

評価項目	上下動	評価基準	NS 方向	EW 方向
接地圧	上向き	$q_a \leq 2000$	414	398
	下向き		566	555

表－28 最大接地圧（1/2Ss450-②）

（単位：kN/m²）

評価項目	上下動	評価基準	NS 方向	EW 方向
接地圧	上向き	$q_a \leq 2000$	321	340
	下向き		488	466

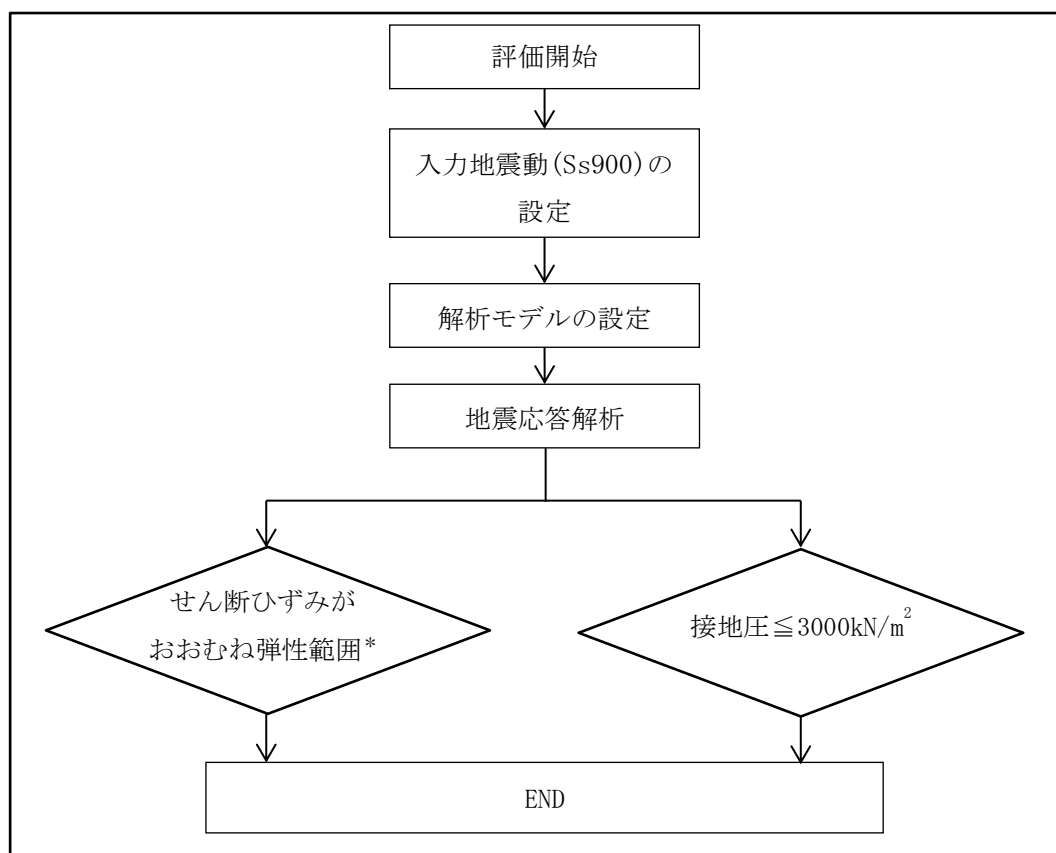
以上のことから，第2棟の耐震性は確保されているものと評価した。

建屋の Ss900 による耐震性に関する評価結果

1. 耐震性の確認

「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」（令和 4 年 11 月 16 日原子力規制委員会了承，令和 5 年 6 月 19 日一部改訂）に基づき，コンクリートセル及び試料ピットは耐震 S クラスとなることから，Ss900 による建屋（コンクリートセル及び試料ピットを含む。）の耐震性の確認を行うことを目的に実施する。なお，動的地震力（Sd450）及び静的地震力（3.0Ci）についても，弾性範囲内であることを確認している。

Ss900 による耐震性の確認は，図-37 の建屋の耐震性評価手順(Ss900)に基づき実施する。



*：鉄筋コンクリート造耐震壁の復元力特性の評価法「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」における第2折れ点以下であること。

図-37 建屋の耐震性評価手順(Ss900)

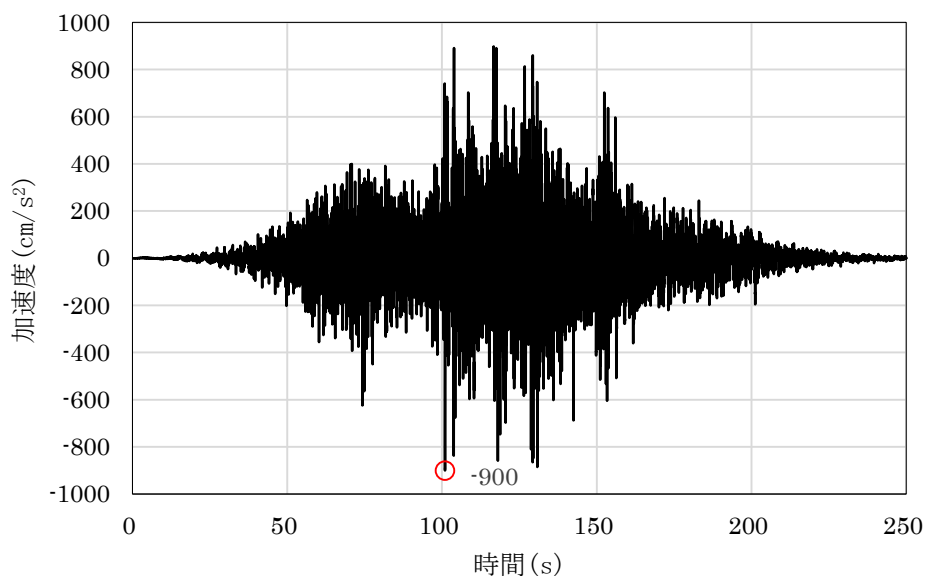
2. 解析に用いる入力地震動

第2棟の建屋解析モデルに入力する地震動は，Ss900を解放基盤表面レベルに入力して一次元波動論により算出した建屋基礎底面レベルの応答波とし，解放基盤表面位置におけるSs900の加速度時刻歴波形を図-38～42に示す。

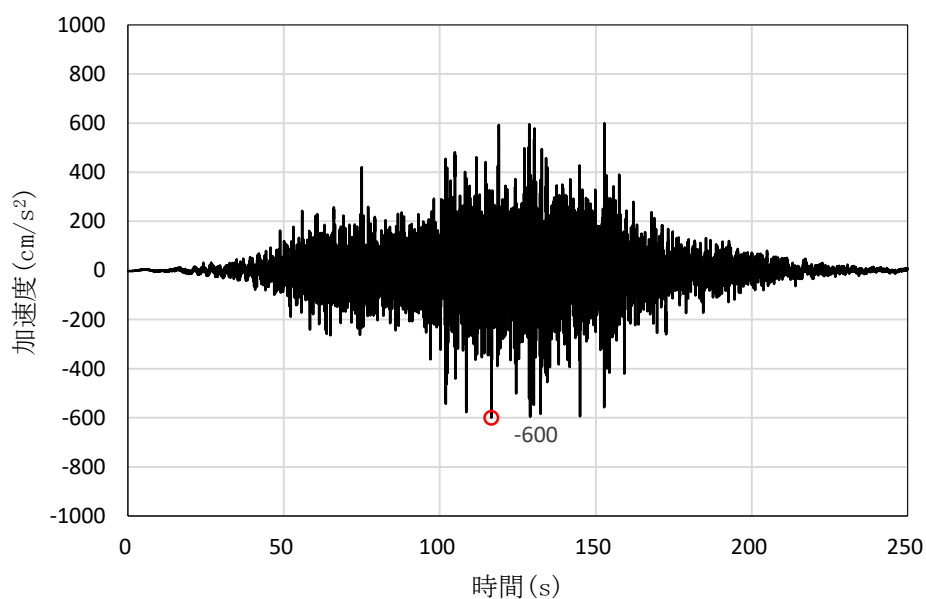
水平方向の入力地震動の算定に用いる地盤モデルは、当該敷地の地層等を考慮して設定された水平成層地盤とし、等価線形化法により地盤の非線形性を考慮する。また、建屋基礎底面位置におけるせん断力を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。

鉛直方向の入力地震動の算定に用いる地盤モデルは、水平方向の入力地震動の算定において設定された物性値に基づき、建屋基礎底面位置より上部を剥ぎ取った地盤モデルとする。

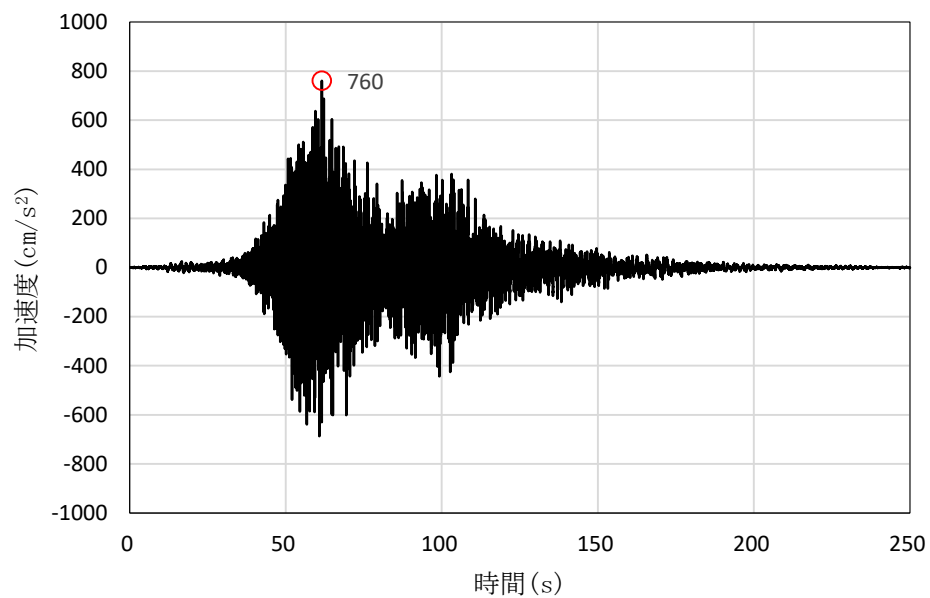
地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図－43、44に、地盤定数を表－29に、建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形を図－45～49に示す。



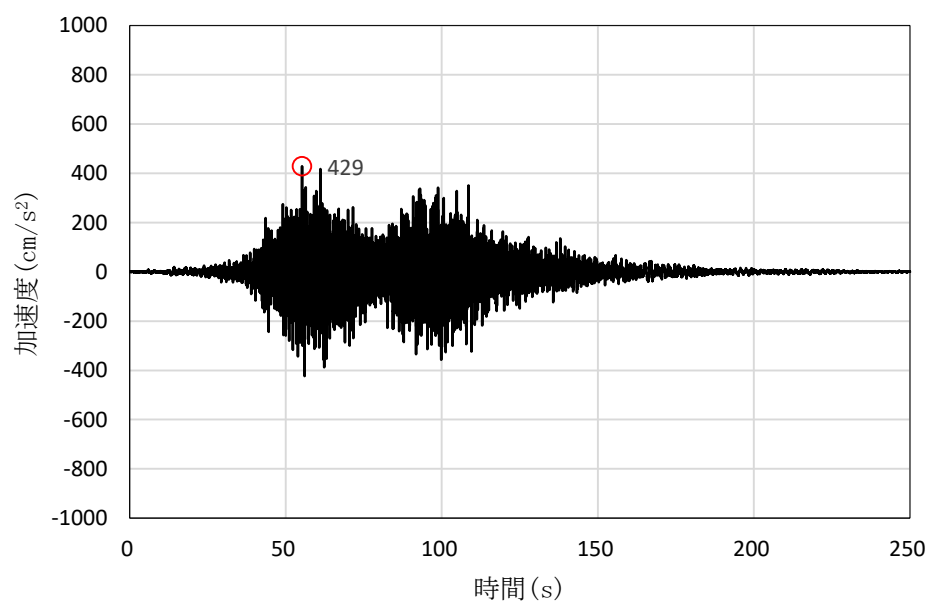
図－38 解放基盤表面位置における Ss900 の加速度時刻歴波形
(Ss900-① 水平方向)



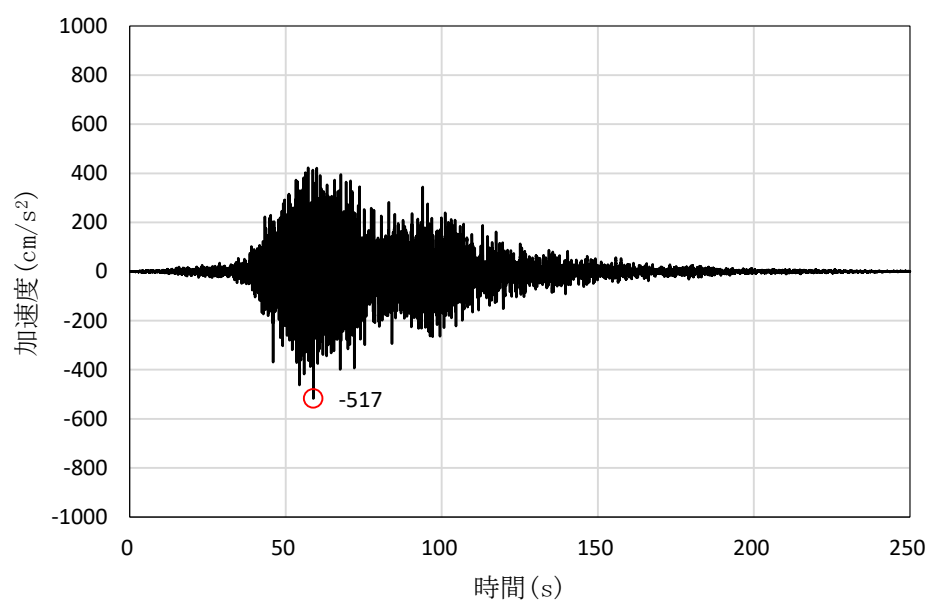
図－39 解放基盤表面位置における Ss900 の加速度時刻歴波形
(Ss900-① 鉛直方向)



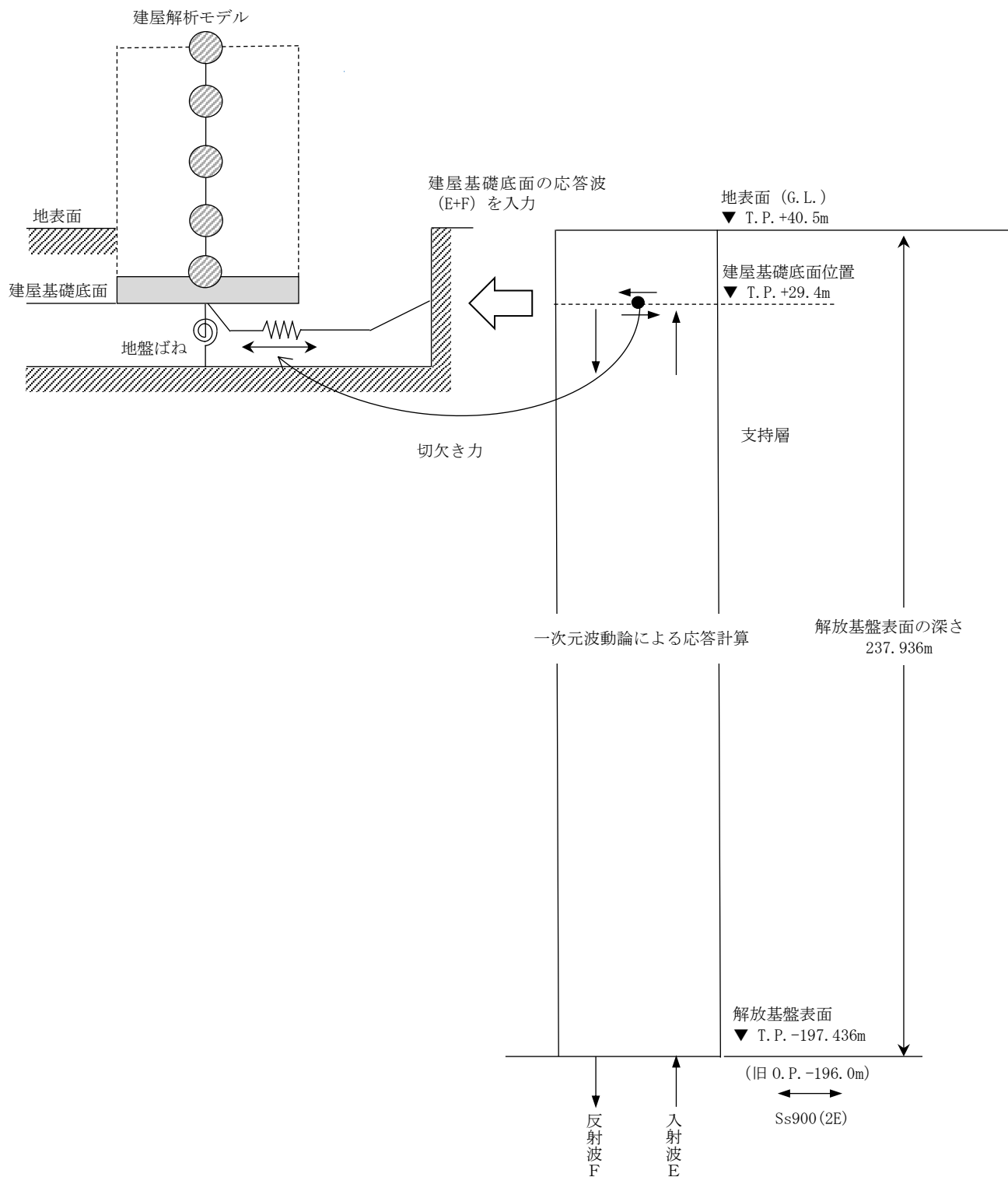
図－40 解放基盤表面位置における Ss900 の加速度時刻歴波形
(Ss900-② 水平方向【NS 方向】)



図－41 解放基盤表面位置における Ss900 の加速度時刻歴波形
(Ss900-② 水平方向【EW 方向】)



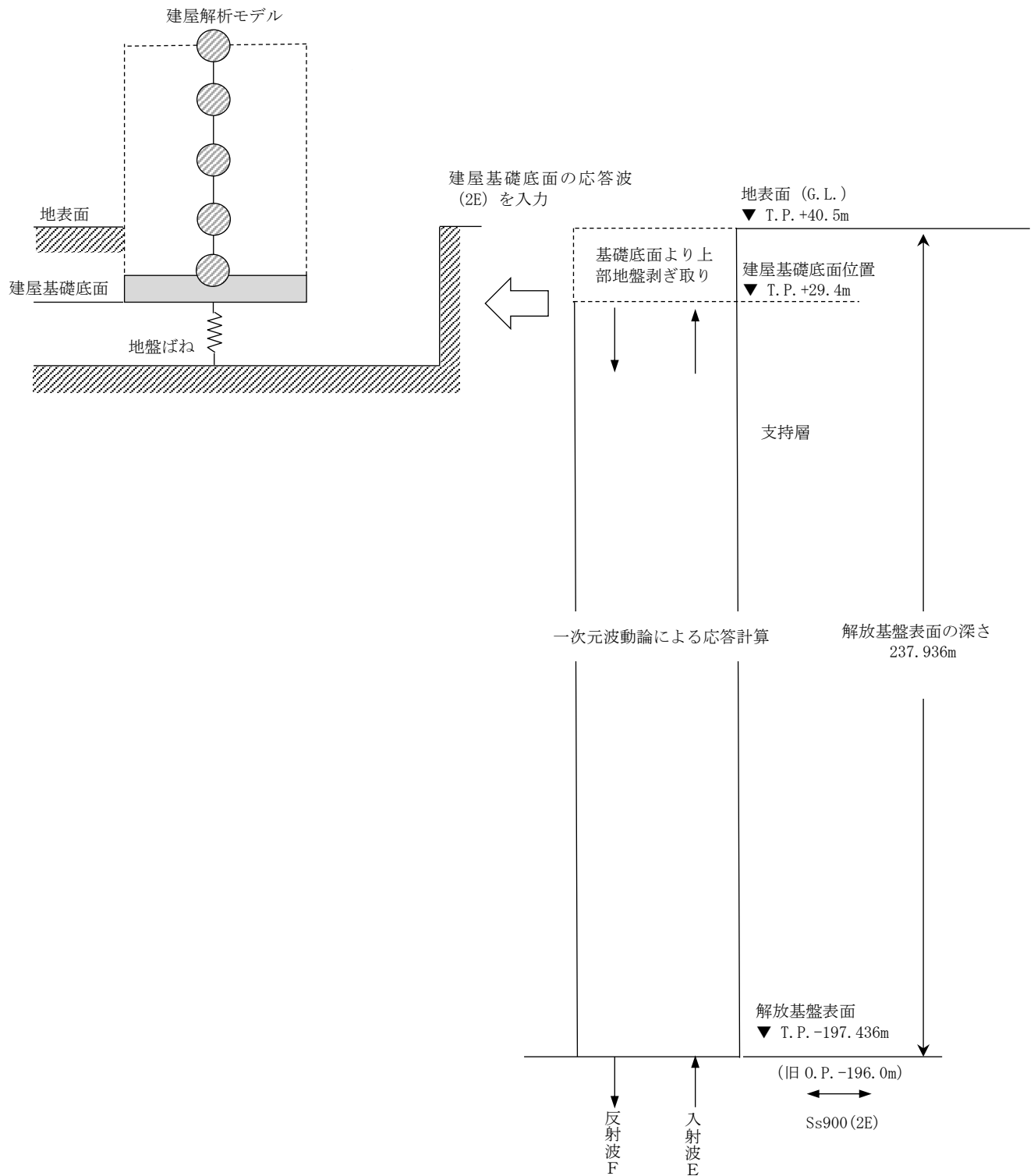
図－42 解放基盤表面位置における Ss900 の加速度時刻歴波形
(Ss900-② 鉛直方向【UD 方向】)



本資料に記載の標高は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P. からT.P. への読替値(-727mm)を用いて、下記に基づき換算している。

<換算式> T.P. = 旧 O.P. -1436mm

図-43 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図 (水平方向)



本資料に記載の標高は、震災後の地盤沈下量(-709mm)とO.P. からT.P. への読替値(-727mm)を用いて、下記に基づき換算している。

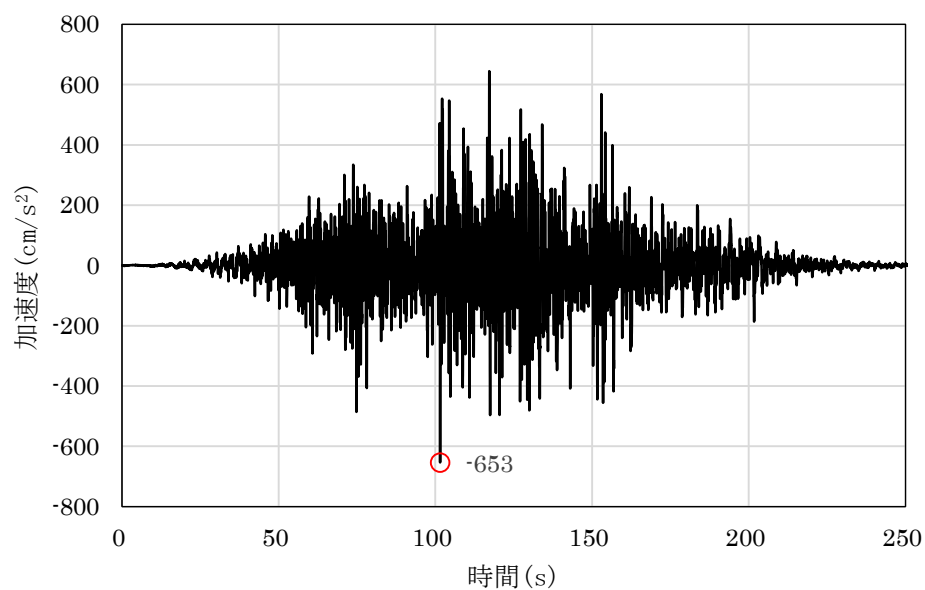
<換算式> T.P. = 旧 O.P. -1436mm

図-44 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図（鉛直方向）

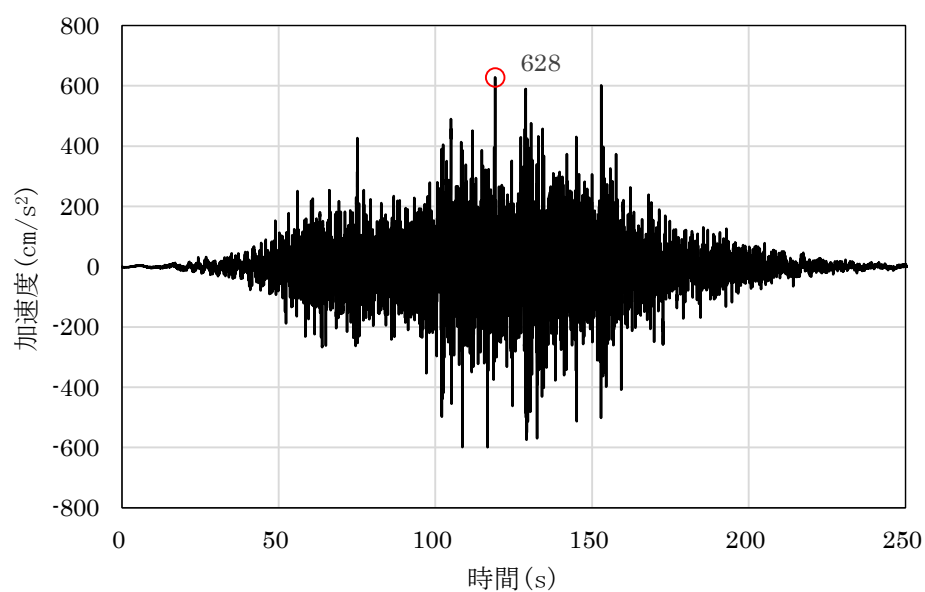
表－29 地盤定数

地層名	標高		濕潤密度 ρ (t/m^3)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	せん断波速度 V_s (m/s)	動的変形特性		動的変形特性	
	上端 T. P. (m)	下端 T. P. (m)				せん断弾性係数 G_0 (kN/m^2)	ν d	$G/G_0 \sim \gamma$ (%)	h (%) $\sim \gamma$ (%)
埋戻土	40.500	37.930	1.80	17.65	201	72600	0.350	$1/(1+10.65\gamma^{0.778})$	$22.97\gamma^{0.289}$
ローム層	37.930	35.930	1.74	17.06	164	46700	0.410	$1/(1+11.00\gamma^{0.802})$	$17.80\gamma^{0.277}$
段丘堆積物	35.930	33.370	1.59	15.59	315	158000	0.480	$1/(1+6.872\gamma^{0.614})$	$14.79/(1+0.036/\gamma)$
T3 部層 互層部	33.370	18.450	1.76	17.26	414	302000	0.460	$1/(1+3.257\gamma^{0.688})$	$17.57/(1+0.084/\gamma)$
T3 部層 泥質部	18.450	16.230	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 細粒砂岩	16.230	14.470	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	14.470	12.220	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T3 部層 粗粒砂岩	12.220	11.400	1.84	18.04	338	210000	0.480	$1/(1+3.009\gamma^{0.604})$	$21.80/(1+0.122/\gamma)$
T3 部層 泥質部	11.400	-18.070	1.71	16.77	500	427000	0.450	$1/(1+3.600\gamma^{0.962})$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$
T2 部層	-18.070	-110.470	1.75- 0.000417Z	17.16- 0.004089Z	深度依存	254000- 3220Z	0.467+ 0.000222Z	$1/(1+2.845\gamma^{0.918})$	$10.54\gamma^{0.865}+0.903$
T1 部層	-110.470	-183.180	1.79	17.55	610	667000	0.440	$1/(1+2.586\gamma^{0.722})$	$15.04\gamma^{0.517}$
先富岡層	-183.180	-197.436	1.88	18.44	712	954000	0.420	$1/(1+2.714\gamma^{0.920})$	$14.69\gamma^{0.583}$
解放基盤表面	-197.436	—	1.88	18.44	712	—	—	—	—

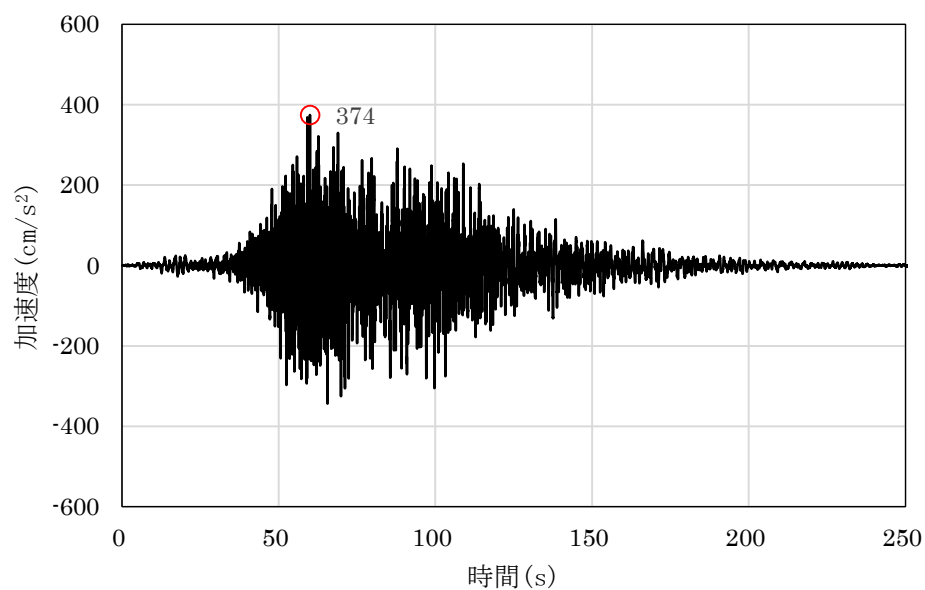
Z：標高 O. P. (m)



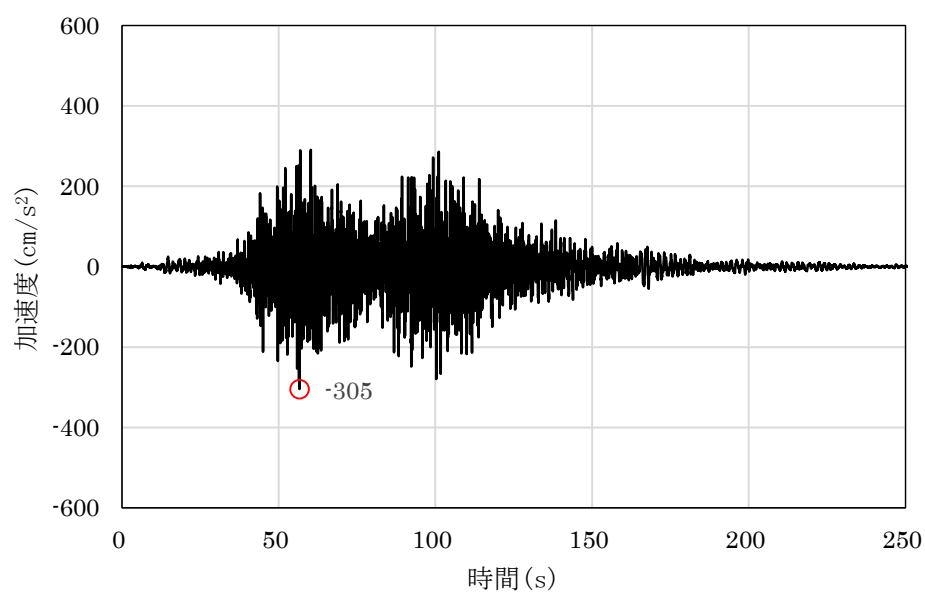
図－45 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(Ss900-① 水平方向)



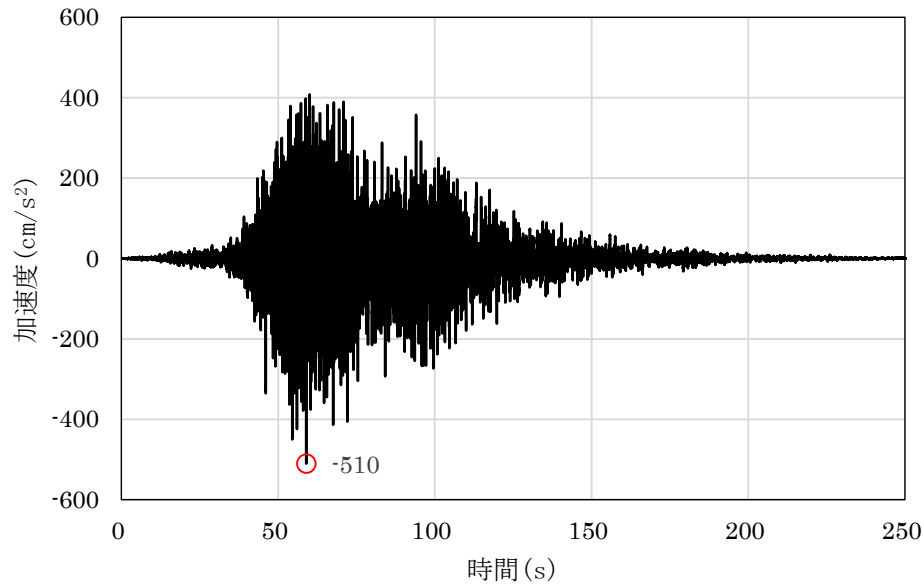
図－46 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(Ss900-① 鉛直方向)



図－47 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(Ss900-② 水平方向【NS 方向】)



図－48 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(Ss900-② 水平方向【EW 方向】)



図－49 建屋の基礎底面位置における入力地震動の加速度時刻歴波形
(Ss900-② 鉛直方向【UD 方向】)

3. 地震応答解析モデル

Ss900を用いた第2棟の地震応答解析は、「2. 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析にて実施する。建屋は、図－50, 51の建屋解析モデルに示すように、水平モデルは質点とはり要素からなる集中質点系に置換した弾塑性等価せん断解析モデルとし、鉛直モデルは質点とばね要素からなる集中質点系解析モデルとする。地盤は建屋の埋込み効果を見做し、建屋基礎底面位置の地盤をばねによってモデル化する。コンクリートの材料定数を表－30に、建屋解析モデルの諸元を表－31, 32に示す。地盤ばねは、一次元波動論による解析モデルを用いて成層補正を行い、小堀の方法により地盤ばねを算定する。解析に用いた地盤ばねを表－33～35に示す。

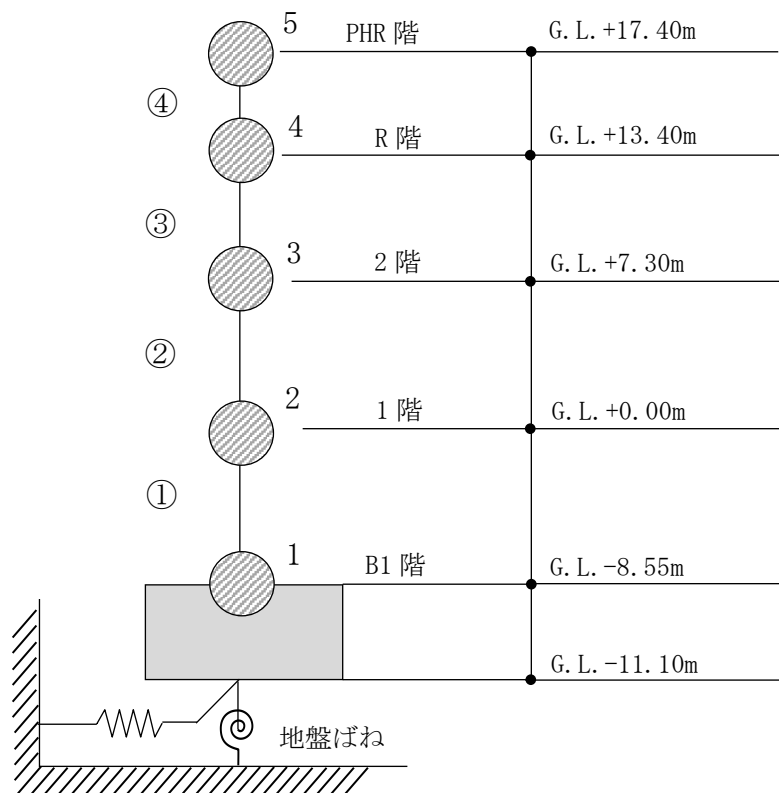


図-50 建屋解析モデル（水平方向）

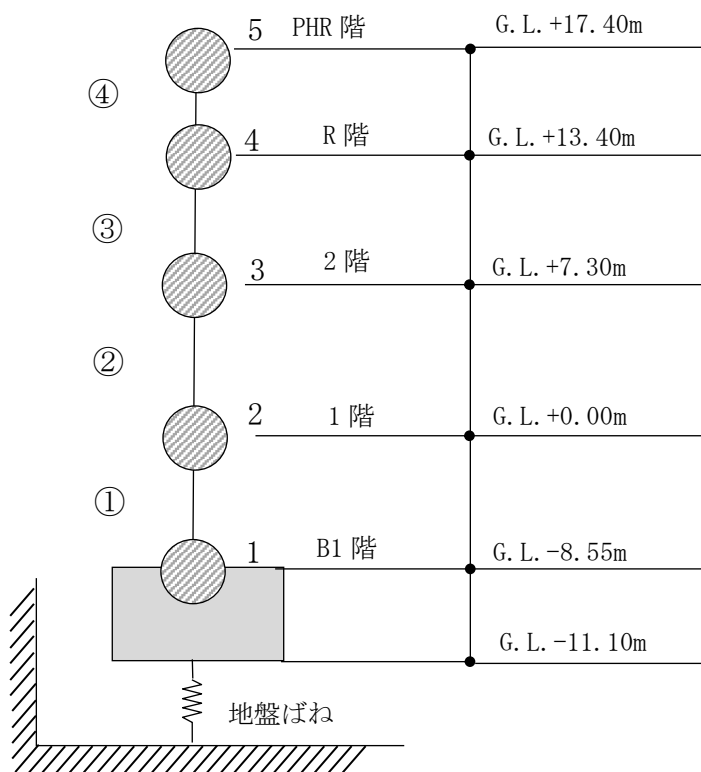


図-51 建屋解析モデル（鉛直方向）

表-30 コンクリートの材料定数

設計基準強度 Fc (N/mm ²)	ヤング係数 E (kN/m ²)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	減衰定数 h (%)
36	2.595×10^7	1.081×10^7	3.0

表-31 建屋解析モデルの諸元 (水平方向)

【NS 方向】

質点 番号	高さ G. L. (m)	重量 (kN)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)
5	17.40	5660	④	4.274
4	13.40	35104		
3	7.30	59280	③	14.57
2	0.00	84932	②	22.88
1	-8.55	173265	①	32.01
建屋基礎底面における回転慣性重量は $42206 (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$				

【EW 方向】

質点 番号	高さ G. L. (m)	重量 (kN)	部材 番号	せん断 断面積 (m ²)
5	17.40	5660	④	9.681
4	13.40	35104		
3	7.30	59280	③	31.81
2	0.00	84932	②	30.63
1	-8.55	173265	①	56.38
建屋基礎底面における回転慣性重量は $47765 (\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2)$				

表-32 建屋解析モデルの諸元（鉛直方向）

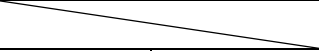
質点 番号	高さ G. L. (m)	重量 (kN)	部材 番号	軸断面積 (m^2)	鉛直剛性 (kN/m)
5	17.40	5660	—		
			④		
4	13.40	35104	④	43.51	2.823×10^8
			③	145.4	6.187×10^8
3	7.30	59280	③	145.4	6.187×10^8
			②	172.8	6.142×10^8
2	0.00	84932	②	172.8	6.142×10^8
			①	225.4	6.840×10^8
1	-8.55	173265	①	225.4	6.840×10^8
			—		

表-33 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（水平方向【NS 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
Ss900-①	底面	水平	2.969×10^7	1.011×10^6
		回転	1.311×10^{10}	1.682×10^8
Ss900-②	底面	水平	3.325×10^7	1.061×10^6
		回転	1.468×10^{10}	1.735×10^8

表-34 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（水平方向【EW 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (水平 : kN/m) (回転 : kN・m/rad)	減衰係数 C (水平 : kN・s/m) (回転 : kN・m・s/rad)
	位置	成分		
Ss900-①	底面	水平	2.942×10^7	1.031×10^6
		回転	1.428×10^{10}	2.115×10^8
Ss900-②	底面	水平	3.359×10^7	1.118×10^6
		回転	1.631×10^{10}	2.271×10^8

表-35 地盤ばね（ばね定数及び減衰係数）（鉛直方向【UD 方向】）

地震動	地盤ばね		ばね定数 K (kN/m)	減衰係数 C (kN・s/m)
	位置	成分		
Ss900-①	底面	鉛直	5.761×10^7	2.471×10^6
Ss900-②	底面	鉛直	6.531×10^7	2.617×10^6

4. 解析結果

4.1 固有値解析結果

建屋解析モデルの固有値解析結果を表－36，37に，振動モードを図－52，53に示す。

表－36 固有値解析結果(Ss900-①)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.279	3.58
	2	0.161	6.22
	3	0.139	7.20
EW	1	0.262	3.81
	2	0.161	6.22
	3	0.136	7.36
UD	1	0.161	6.22
	2	0.029	34.18
	3	0.016	64.36

表－37 固有値解析結果(Ss900-②)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)
NS	1	0.269	3.72
	2	0.132	7.56
	3	0.082	12.19
EW	1	0.249	4.02
	2	0.128	7.82
	3	0.073	13.77
UD	1	0.151	6.61
	2	0.029	34.25
	3	0.016	64.37

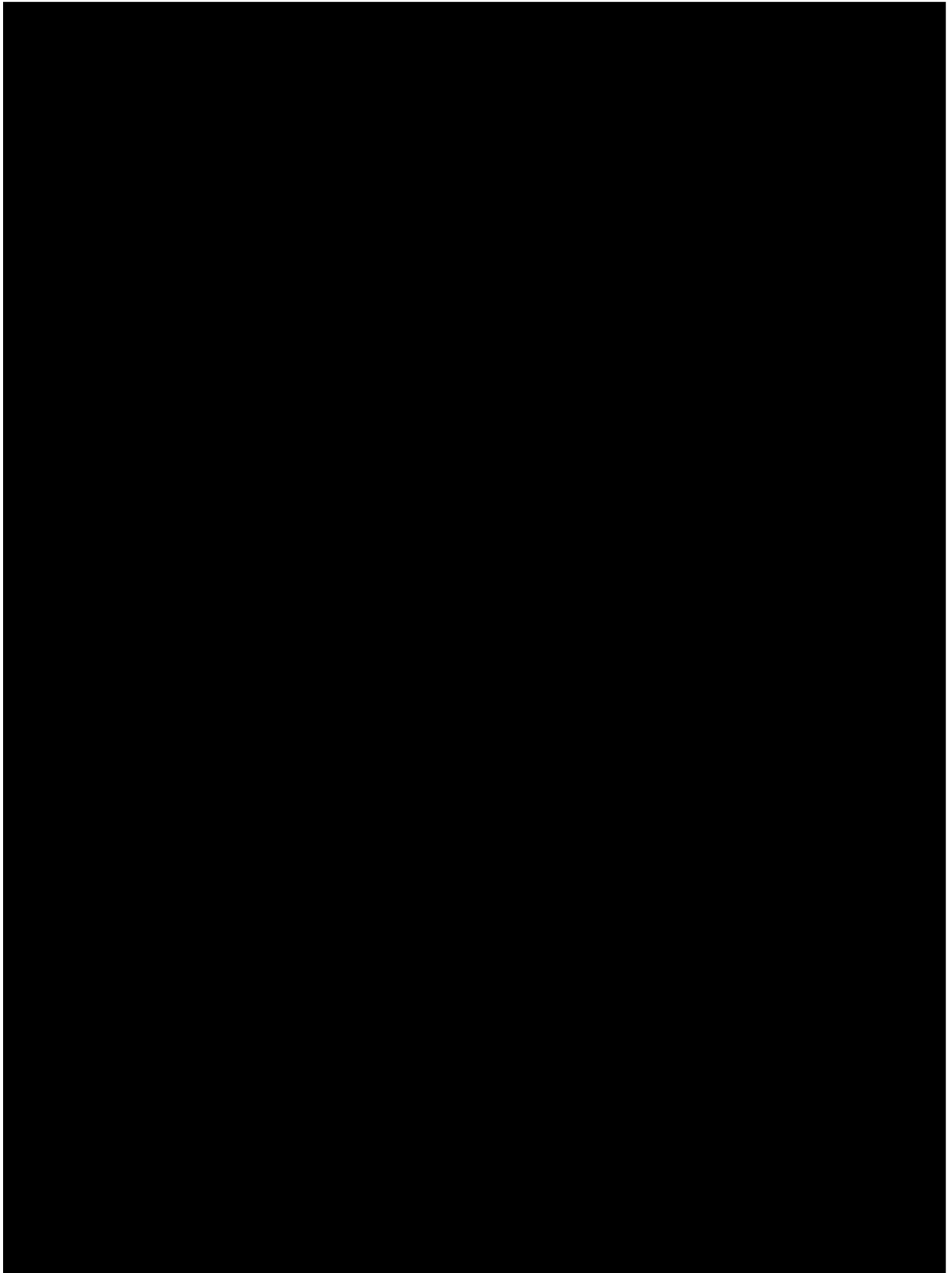


図-52 振動モード図(Ss900-①)

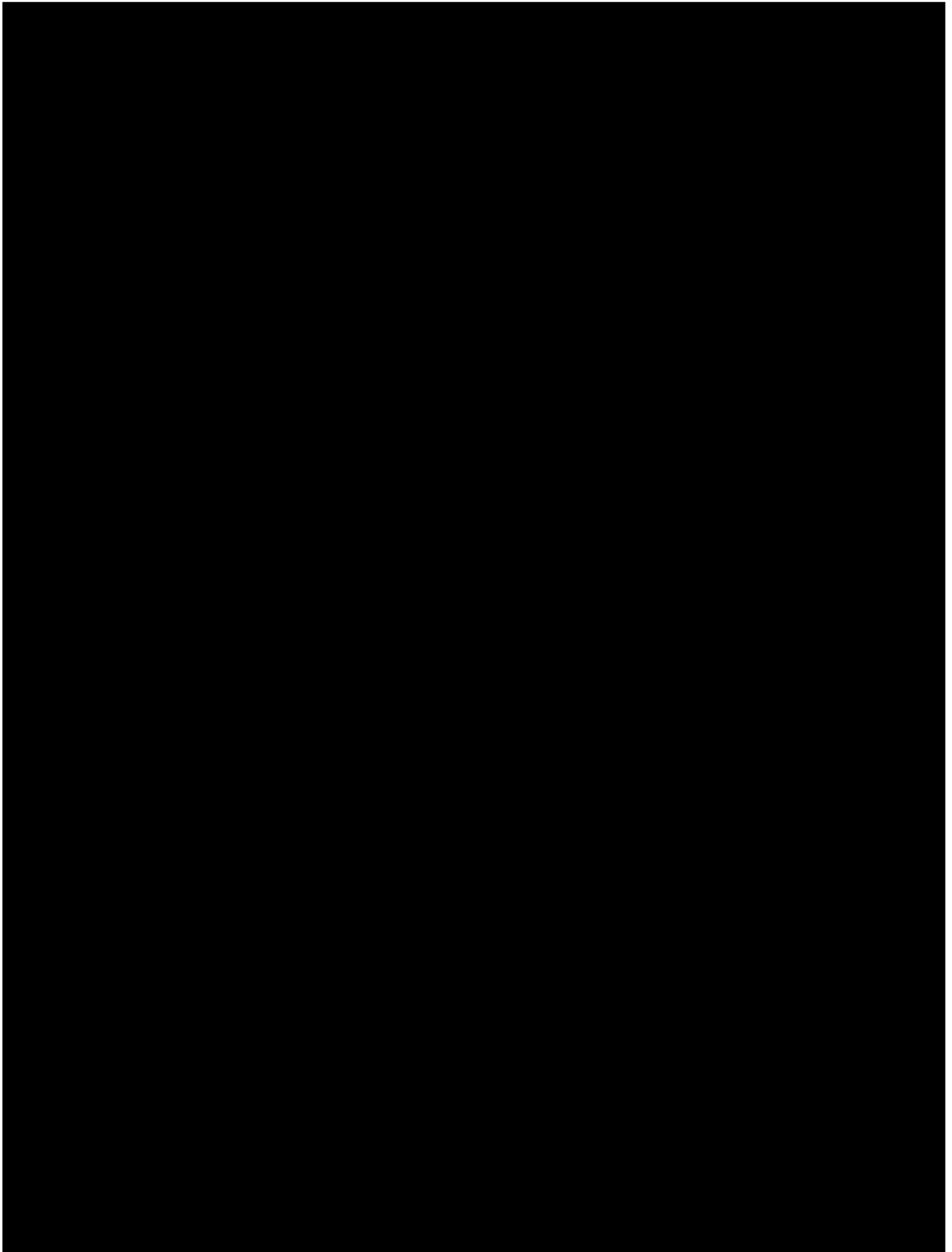
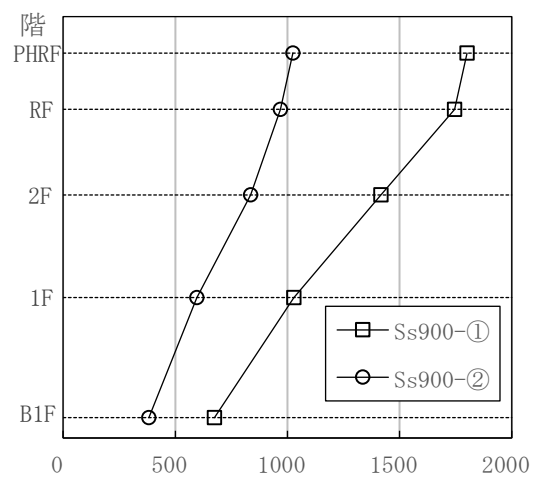


図-53 振動モード図(Ss900-②)

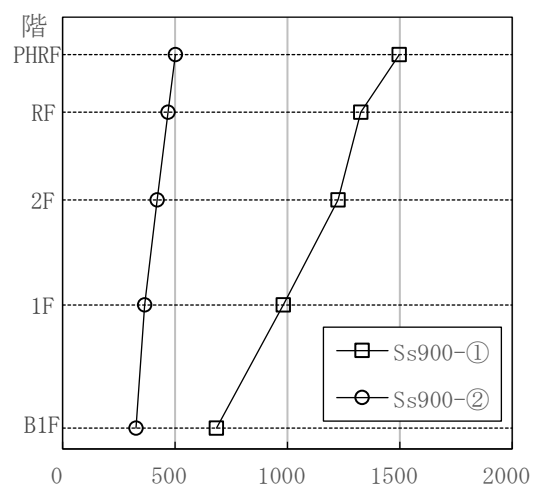
4.2 地震応答解析結果

Ss900による水平方向の最大応答加速度，最大応答せん断力及び最大応答曲げモーメントを図－54～59に，鉛直方向の最大応答加速度及び最大応答軸力を図－60，61に示す。



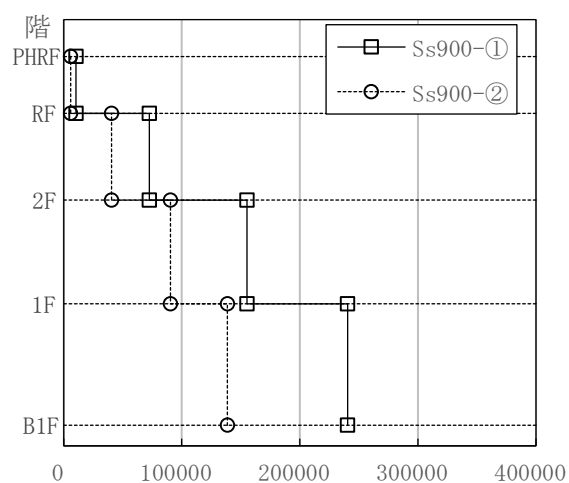
	Ss900-①	Ss900-②
PHRF	1801	1024
RF	1746	969
2F	1417	836
1F	1028	596
B1F	675	382

図－54 最大応答加速度(水平方向【NS 方向】) (単位：cm/s²)



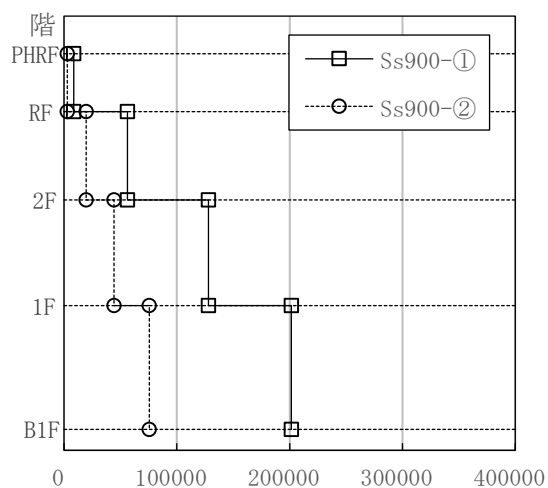
	Ss900-①	Ss900-②
PHRF	1498	502
RF	1326	469
2F	1225	420
1F	982	365
B1F	685	326

図－55 最大応答加速度(水平方向【EW 方向】) (単位：cm/s²)



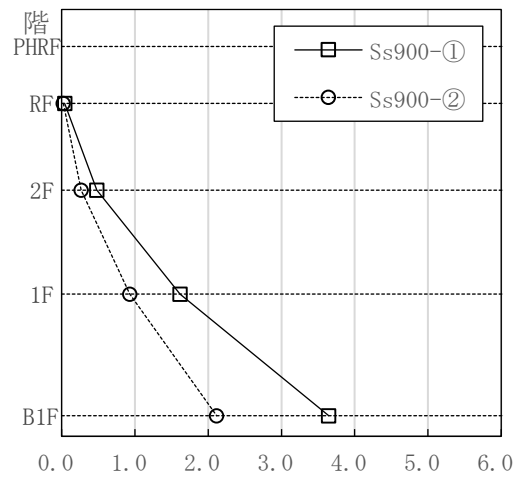
	Ss900-①	Ss900-②
RF～PHRF	10367	5890
2F～RF	72505	40370
1F～2F	155283	90443
B1F～1F	240473	138575

図－56 最大応答せん断力（水平方向【NS 方向】）（単位：kN）



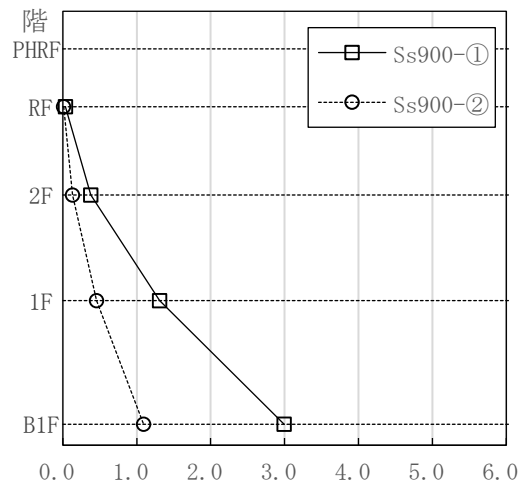
	Ss900-①	Ss900-②
RF～PHRF	8630	2898
2F～RF	56108	19699
1F～2F	127938	44427
B1F～1F	201506	75637

図－57 最大応答せん断力（水平方向【EW 方向】）（単位：kN）



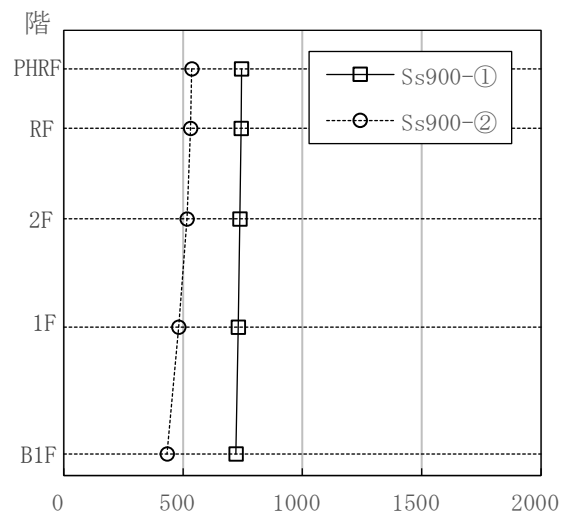
	Ss900-①	Ss900-②
RF～PHRF	0.041	0.024
2F～RF	0.481	0.268
1F～2F	1.617	0.929
B1F～1F	3.646	2.116

図－58 最大応答曲げモーメント（水平方向【NS 方向】）（単位：×10⁶kN・m）



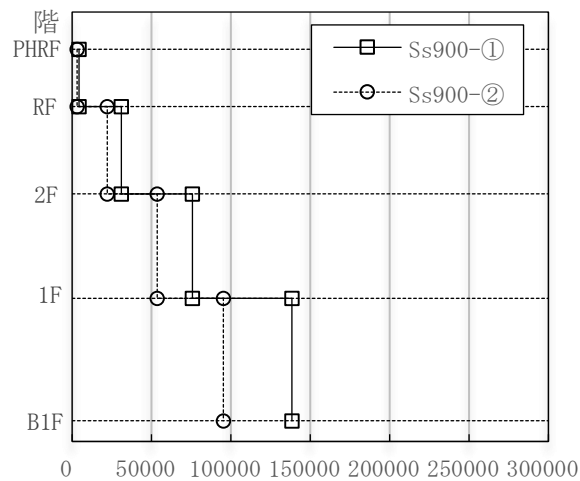
	Ss900-①	Ss900-②
RF～PHRF	0.035	0.012
2F～RF	0.379	0.132
1F～2F	1.311	0.455
B1F～1F	2.994	1.092

図－59 最大応答曲げモーメント（水平方向【EW 方向】）（単位：×10⁶kN・m）



	Ss900-①	Ss900-②
PHRF	745	536
RF	743	531
2F	737	517
1F	732	482
B1F	721	433

図－60 最大応答加速度（鉛直方向【UD 方向】）（単位：cm/s²）



	Ss900-①	Ss900-②
RF～PHRF	4318	3104
2F～RF	30993	22190
1F～2F	75676	53489
B1F～1F	138415	95241

図－61 最大応答軸力（鉛直方向【UD 方向】）（単位：kN）

5. 耐震性評価結果

5.1 耐震壁の評価結果

地震応答解析で出力される耐震壁のせん断ひずみは、最大で 1.48×10^{-3} であり評価基準値以下であることを確認した。地震応答解析により得られた耐震壁のせん断ひずみを表－38, 39に示す。建屋各層のせん断応力度-せん断ひずみ関係は図－62, 63のスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ ）関係となる。各層に発生するせん断応力度におけるせん断ひずみは 2.0×10^{-3} 以下であり、応答値はいずれも第2折れ点以下である。

表－38 耐震壁のせん断ひずみ（Ss900-①）

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.22×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.81×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	1.33×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	1.48×10^{-3}

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.08×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.22×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.73×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.75×10^{-3}

*：評価基準値はスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ ）の第2折れ点を示す。

表－39 耐震壁のせん断ひずみ (Ss900-②)

評価項目		評価基準*	NS 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.52 \times 10^{-3}$	0.13×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.34 \times 10^{-3}$	0.33×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.79 \times 10^{-3}$	0.63×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.66 \times 10^{-3}$	0.78×10^{-3}

評価項目		評価基準*	EW 方向
せん断ひずみ	RF	$\gamma \leq 1.07 \times 10^{-3}$	0.03×10^{-3}
	2F	$\gamma \leq 1.19 \times 10^{-3}$	0.06×10^{-3}
	1F	$\gamma \leq 1.84 \times 10^{-3}$	0.13×10^{-3}
	B1F	$\gamma \leq 1.50 \times 10^{-3}$	0.12×10^{-3}

＊：評価基準値はスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ ）の第2折れ点を示す。

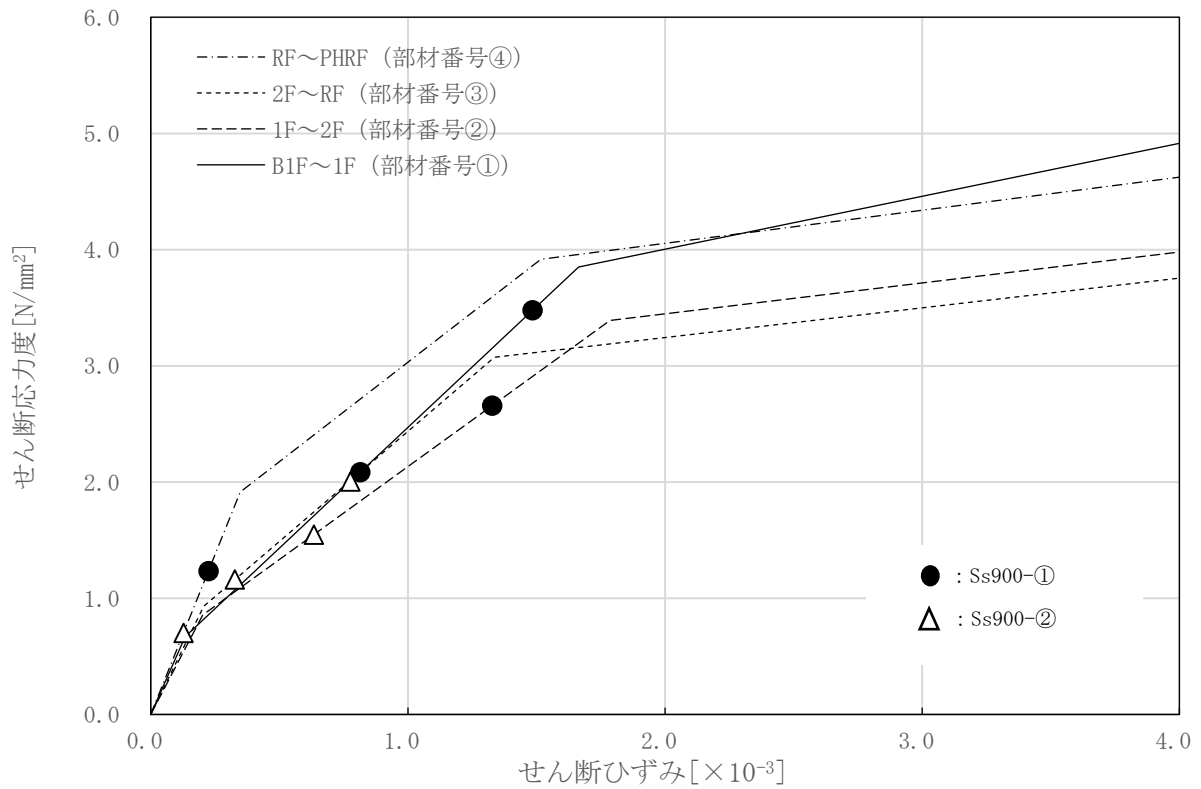


図-62 スケルトンカーブ (Ss900) 【NS 方向】

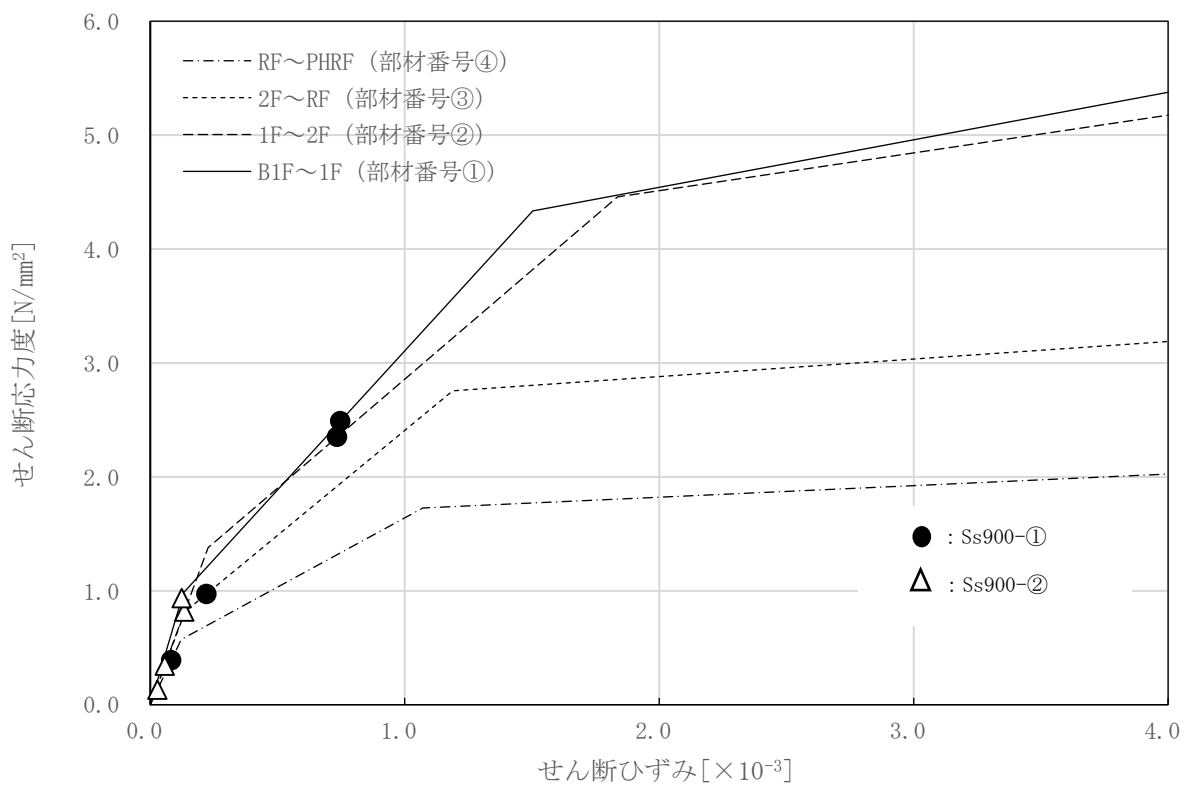


図-63 スケルトンカーブ (Ss900) 【EW 方向】

5.2 接地率の評価結果

Ss900による地震応答解析の結果に基づく最小接地率の一覧表を表－40，41に示す。

接地率（ η ）は，誘発上下動を考慮した浮き上がり非線形解析を適用できる値（50％）以上であることを確認した。

表－40 最小接地率（Ss900-①）

評価項目	評価基準	NS 方向	EW 方向
接地率（ η ）	$\eta \geq 50\%$	62%	80%

表－41 最小接地率（Ss900-②）

評価項目	評価基準	NS 方向	EW 方向
接地率（ η ）	$\eta \geq 50\%$	97%	100%

5.3 接地圧の評価結果

Ss900による地震応答解析の結果に基づく最大接地圧の一覧表を表－42，43に示す。

接地圧は，最大で1697kN/m²（NS方向）であり，評価基準値（極限鉛直支持力度3000kN/m²）を超えないことを確認した。

表－42 最大接地圧（Ss900-①）

（単位：kN/m²）

評価項目	上下動	評価基準	NS 方向	EW 方向
接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	1697	650
	下向き		839	722

表－43 最大接地圧（Ss900-②）

（単位：kN/m²）

評価項目	上下動	評価基準	NS 方向	EW 方向
接地圧	上向き	$q_u \leq 3000$	335	353
	下向き		526	521

以上のことから，第2棟の耐震性は確保されているものと評価した。

設備の構造強度に関する検討結果

1. 基本方針

1.1 強度評価の基本方針

第2棟を構成する設備（機器、配管等）のうち「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」においてクラス3に位置づけられる機器、配管及びクラス4に位置づけられる配管を表-44に示す。これら機器、配管は「設計・建設規格」に基づき評価を行う。

表-44 クラス3及びクラス4に位置づけられる機器、配管

設備	機器、配管	機器クラス
液体廃棄物一時貯留設備	分析廃液受槽 A, B	クラス 3
	設備管理廃液受槽 A, B	クラス 3
	主要配管（鋼管）*1	クラス 3
換気空調設備	主要排気管（鋼管）*2	クラス 4*4
	主要排気管（鋼管、ダクト）*3	クラス 4*5

*1：分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで、分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出口まで、分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで、分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで、設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで、設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで、設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで、設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで

*2：コンクリートセル排気口からコンクリートセル排気弁まで

*3：コンクリートセル排気弁から排気母管まで、鉄セル排気口から排気母管まで、グローブボックス排気口から排気母管まで、排気母管、排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット入口まで、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット出口からセル・グローブボックス用排風機入口まで

*4：コンクリートセル（No. 4）排気口からコンクリートセル（No. 4）排気弁まで

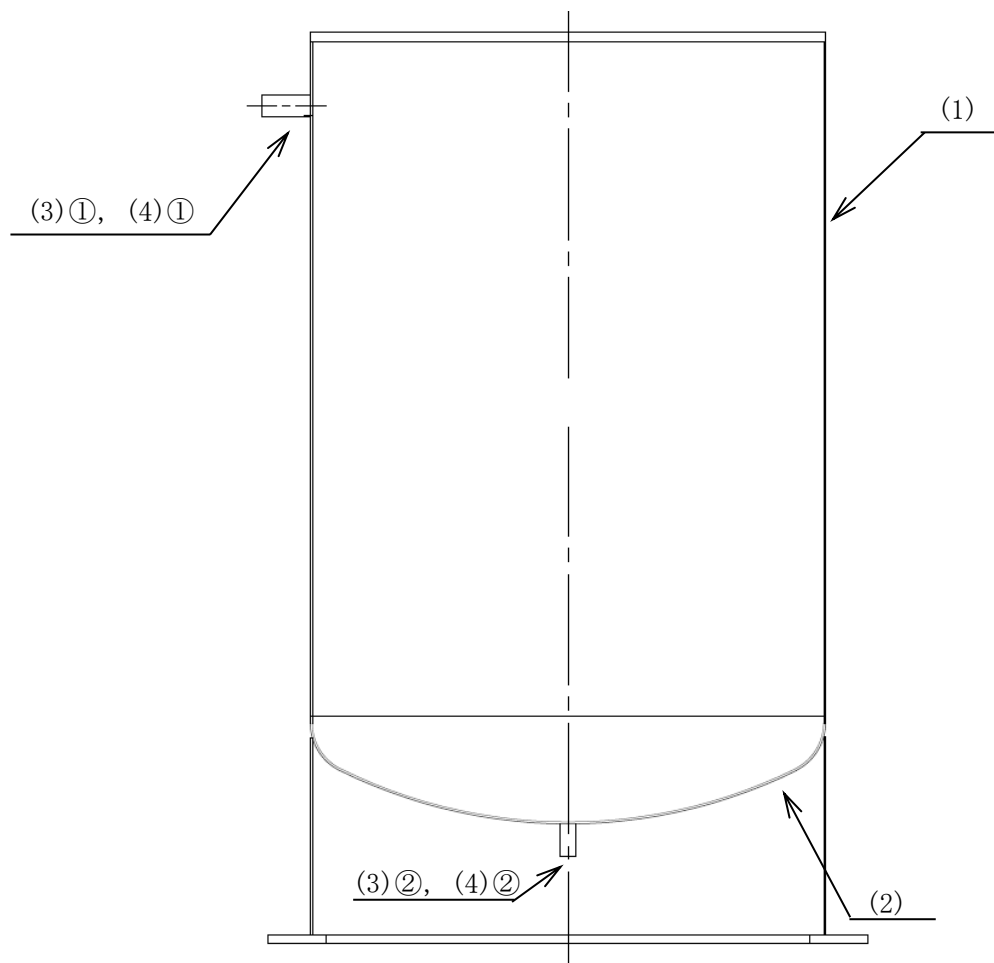
*5：コンクリートセル（No. 4）排気弁から排気母管まで、コンクリートセル（No. 4）に係る排気母管及びコンクリートセル（No. 4）に係る排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D 入口まで

2. 強度評価

2.1 分析廃液受槽 A, B

2.1.1 評価箇所

分析廃液受槽 A, B の強度評価箇所を図-64に示す。なお、図中の番号は2.1.2 評価方法の項目番号に対応している。



図－64 分析廃液受槽 A, B の強度評価箇所

2.1.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 胴の規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものの場合は 3mm，その他の材料で作られたものの場合は 1.5mm とする。

b. 胴の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

D_i : 胴の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重 (－)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (－)

c. 設計・建設規格が定める値： t_3

(2) 底板の厚さの評価

底板に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 鏡板のフランジ部の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

P	: 最高使用圧力 (MPa)
D_i	: 胴の内径 (mm)
S	: 許容引張応力 (MPa)
η	: 継手効率 (－)

b. 鏡板の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

R	: 鏡板の中央部における内面の半径 (mm)
W	: さら形鏡板の形状による係数 (－)
r	: さら形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)

$$\text{ただし, } W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

(3) 管台の厚さの評価 (①, ②)

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

D_i	: 管台の内径 (m)
H	: 水頭 (m)
ρ	: 液体の比重 (－)
S	: 許容引張応力 (MPa)
η	: 継手効率 (－)

b. 管台の規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じ、「設計・建設規格 表 PVC-3980-1」に基づき、求めた管台の厚さとする。

(4) 開放タンクの穴の補強計算 (①, ②)

- 胴の穴の補強計算は、「設計・建設規格 PVD-3512」に基づき、径が 85mm を超えないため不要である。
- 鏡板の穴の補強計算は、「設計・建設規格 PVD-3212」に基づき、径が 64mm 以下で、かつ、鏡板のフランジ部の内径の 1/4 以下であるため不要である。

2.1.3 評価結果

評価結果を表-45～49 に示す。各評価部位において必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

表－45 分析廃液受槽 A, B における胴の厚さの評価結果

胴板名称	胴板	
材料	SUS316L	
水頭	H (mm)	2107
最高使用温度	(°C)	60
胴の内径	D_i (mm)	1500
液体の比重	ρ (—)	1.1
許容引張応力	S (MPa)	109
継手効率	η (—)	■
継手の種類	突合せ両側溶接	
放射線検査の有無	—	
規格上必要厚さ	t_1 (mm)	■
計算上必要厚さ	t_2 (mm)	■
設計・建設規格が定める値	t_3 (mm)	■
t_1, t_2, t_3 の大きい値	t (mm)	■
呼び厚さ	t_{so} (mm)	6.00
最小厚さ	t_s (mm)	■
評価： $t_s \geq t$ 。よって、最小厚さ t_s は必要厚さを満足している。		

表－46 分析廃液受槽 A, B における底板の形状評価結果

底板名称	鏡板	
鏡板の外径	D_{oc} (mm)	1512
鏡板の中央部における内面の半径 R	(mm)	1500
鏡板のすみの丸みの内半径	r (mm)	150
呼び厚さ	t_{co} (mm)	6.00
$3 \cdot t_{co}$	(mm)	18.00
$0.06 \cdot D_{oc}$	(mm)	90.72
評価： $D_{oc} \geq R$, $r \geq 3 \cdot t_{co}$, $r \geq 0.06 \cdot D_{oc}$, $r \geq 50\text{mm}$ 。よって、さら形鏡板である。		

表－47 分析廃液受槽 A, B における底板の厚さの評価結果

底板名称	さら形鏡板		
材料	SUS316L		
最高使用圧力	P	(MPa)	0.023
最高使用温度		(°C)	60
胴の内径	D _i	(mm)	1500
さら形鏡板の形状による係数	W	(－)	1.541
許容引張応力	S	(MPa)	109
継手効率	η	(－)	■
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	－		
フランジ部の計算上必要厚さ	t ₁	(mm)	■
計算上必要厚さ	t ₂	(mm)	■
t ₁ , t ₂ の大きい値	t	(mm)	■
呼び厚さ	t _{co}	(mm)	6.00
最小厚さ	t _c	(mm)	■
評価：t _c ≥ t。よって、最小厚さ t _c は必要厚さを満足している。			

表－48 分析廃液受槽 A, B における管台の厚さの評価結果（オーバーフロー）

管台名称	オーバーフロー		
材料	SUS316LTP		
水頭	H	(mm)	27
最高使用温度		(°C)	60
管台の内径	D _i	(mm)	53.5
液体の比重	ρ	(－)	1.1
許容引張応力	S	(MPa)	109
継手効率	η	(－)	■
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	－		
計算上必要厚さ	t ₁	(mm)	■
規格上必要厚さ	t ₂	(mm)	■
t ₁ , t ₂ の大きい値	t	(mm)	■
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.50
最小厚さ	t _n	(mm)	■
評価：t _n ≥ t。よって、最小厚さ t _n は必要厚さを満足している。			

表－49 分析廃液受槽 A, B における管台の厚さの評価結果（廃液払い出し）

管台名称		廃液払い出し
材料		SUS316LTP
水頭	H (mm)	2107
最高使用温度	(°C)	60
管台の内径	D _i (mm)	42. 6
液体の比重	ρ (－)	1. 1
許容引張応力	S (MPa)	109
継手効率	η (－)	■
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		－
計算上必要厚さ	t ₁ (mm)	■
規格上必要厚さ	t ₂ (mm)	■
t ₁ , t ₂ の大きい値	t (mm)	■
呼び厚さ	t _{no} (mm)	3. 00
最小厚さ	t _n (mm)	■
評価：t _n ≥ t 。 よって，最小厚さ t _n は必要厚さを満足している。		

2.2 設備管理廃液受槽 A, B

2.2.1 評価箇所

設備管理廃液受槽 A, B の強度評価箇所を図-65 に示す。

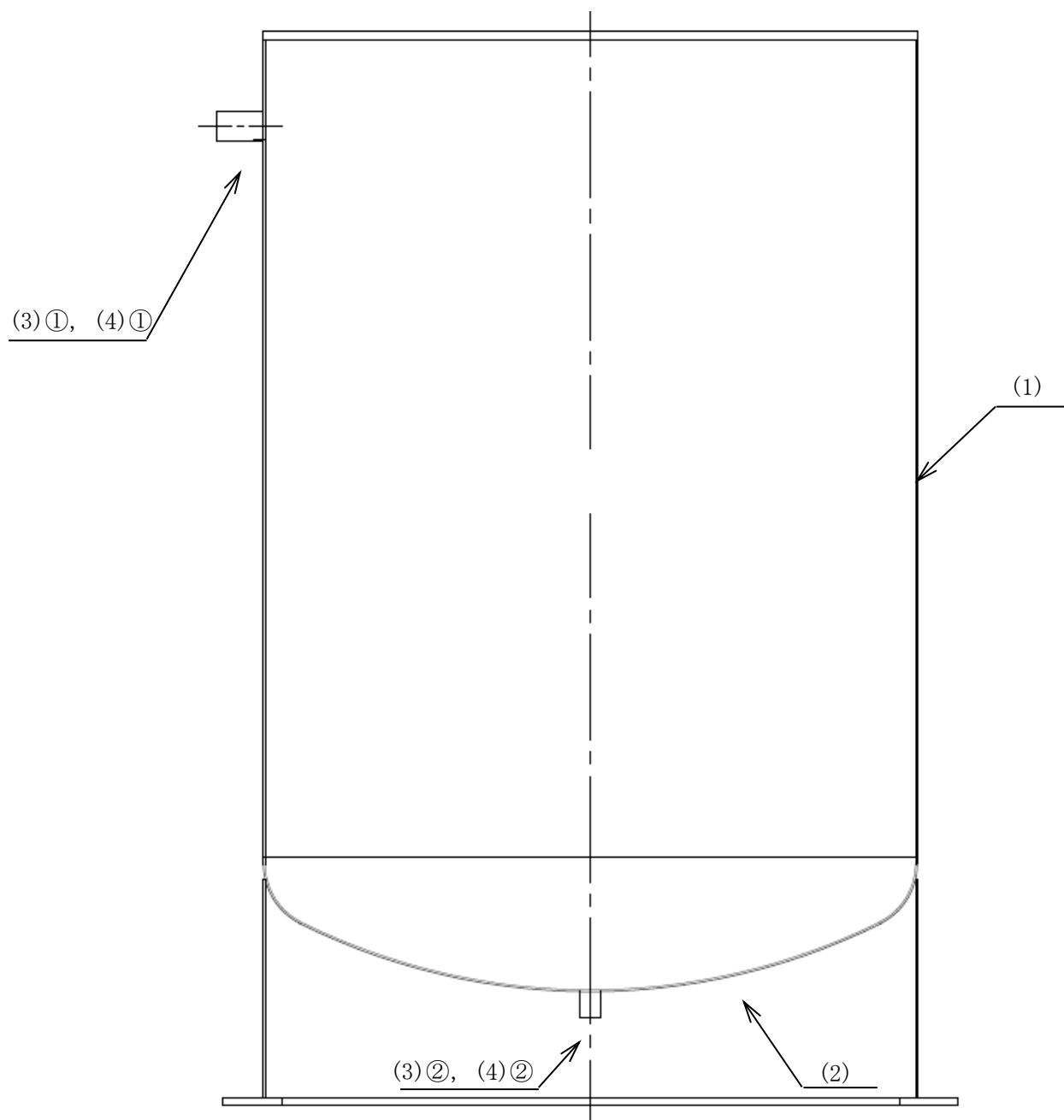


図-65 設備管理廃液受槽 A, B の強度評価箇所

2.2.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 胴の規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものの場合は 3mm、その他の材料で作られたものの場合は 1.5mm とする。

b. 胴の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

D_i	: 胴の内径 (m)
H	: 水頭 (m)
ρ	: 液体の比重 (—)
S	: 許容引張応力 (MPa)
η	: 継手効率 (—)

c. 設計・建設規格が定める値： t_3

(2) 底板の厚さの評価

底板に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 鏡板のフランジ部の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

P	: 最高使用圧力 (MPa)
D_i	: 胴の内径 (mm)
S	: 許容引張応力 (MPa)
η	: 継手効率 (—)

b. 鏡板の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

R	: 鏡板の中央部における内面の半径 (mm)
W	: さら形鏡板の形状による係数 (—)
r	: さら形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)

$$\text{ただし, } W = \frac{1}{4} \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

(3) 管台の厚さの評価(①, ②)

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

D_i	: 管台の内径 (m)
H	: 水頭 (m)
ρ	: 液体の比重 (—)
S	: 許容引張応力 (MPa)
η	: 継手効率 (—)

b. 管台の規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じ、「設計・建設規格 表 PVC-3980-1」に基づき、求めた管台の厚さとする。

(4) 開放タンクの穴の補強計算(①, ②)

a. 胴の穴の補強計算は、「設計・建設規格 PVD-3512」に基づき、径が 85mm を超えないため不要である。

b. 鏡板の穴の補強計算は、「設計・建設規格 PVD-3212」に基づき、径が 64mm 以下で、かつ、鏡板のフランジ部の内径の 1/4 以下であるため不要である。

2.2.3 評価結果

評価結果を表-50～54 に示す。各評価部位において必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

表-50 設備管理廃液受槽 A, B における胴の厚さの評価結果

胴板名称	胴板		
材料	SUS304		
水頭	H	(mm)	2659
最高使用温度		(°C)	60
胴の内径	D_i	(mm)	2000
液体の比重	ρ	(—)	1.0
許容引張応力	S	(MPa)	127
継手効率	η	(—)	■
継手の種類	突合せ両側溶接		
放射線検査の有無	—		
規格上必要厚さ	t_1	(mm)	■
計算上必要厚さ	t_2	(mm)	■
設計・建設規格が定める値	t_3	(mm)	■
t_1, t_2, t_3 の大きい値	t	(mm)	■
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ	t_s	(mm)	■
評価： $t_s \geq t$ 。よって、最小厚さ t_s は必要厚さを満足している。			

表－51 設備管理廃液受槽 A, B における底板の形状評価結果

底板名称		鏡板
鏡板の外径	D_{oc} (mm)	2012
鏡板の中央部における内面の半径	R (mm)	2000
鏡板のすみの丸みの内半径	r (mm)	200
呼び厚さ	t_{co} (mm)	6.00
$3 \cdot t_{co}$	(mm)	18.00
$0.06 \cdot D_{oc}$	(mm)	120.72
評価： $D_{oc} \geq R$, $r \geq 3 \cdot t_{co}$, $r \geq 0.06 \cdot D_{oc}$, $r \geq 50\text{mm}$ 。よって、さら形鏡板である。		

表－52 設備管理廃液受槽 A, B における底板の厚さの評価結果

底板名称		さら形鏡板
材料		SUS304
最高使用圧力	P (MPa)	0.026
最高使用温度	($^{\circ}\text{C}$)	60
胴の内径	D_i (mm)	2000
さら形鏡板の形状による係数	W (—)	1.541
許容引張応力	S (MPa)	127
継手効率	η (—)	■
継手の種類		継手無し
放射線検査の有無		—
フランジ部の計算上必要厚さ	t_1 (mm)	■
計算上必要厚さ	t_2 (mm)	■
t_1, t_2 の大きい値	t (mm)	■
呼び厚さ	t_{co} (mm)	6.00
最小厚さ	t_c (mm)	■
評価： $t_c \geq t$ 。よって、最小厚さ t_c は必要厚さを満足している。		

表－53 設備管理廃液受槽 A, B における管台の厚さの評価結果（オーバーフロー）

管台名称	オーバーフロー		
材料	SUS304TP		
水頭	H	(mm)	39.1
最高使用温度		(°C)	60
管台の内径	D _i	(mm)	78.1
液体の比重	ρ	(－)	1.0
許容引張応力	S	(MPa)	127
継手効率	η	(－)	■
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	－		
計算上必要厚さ	t ₁	(mm)	■
規格上必要厚さ	t ₂	(mm)	■
t ₁ , t ₂ の大きい値	t	(mm)	■
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	5.50
最小厚さ	t _n	(mm)	■
評価：t _n ≥ t 。よって，最小厚さ t _n は必要厚さを満足している。			

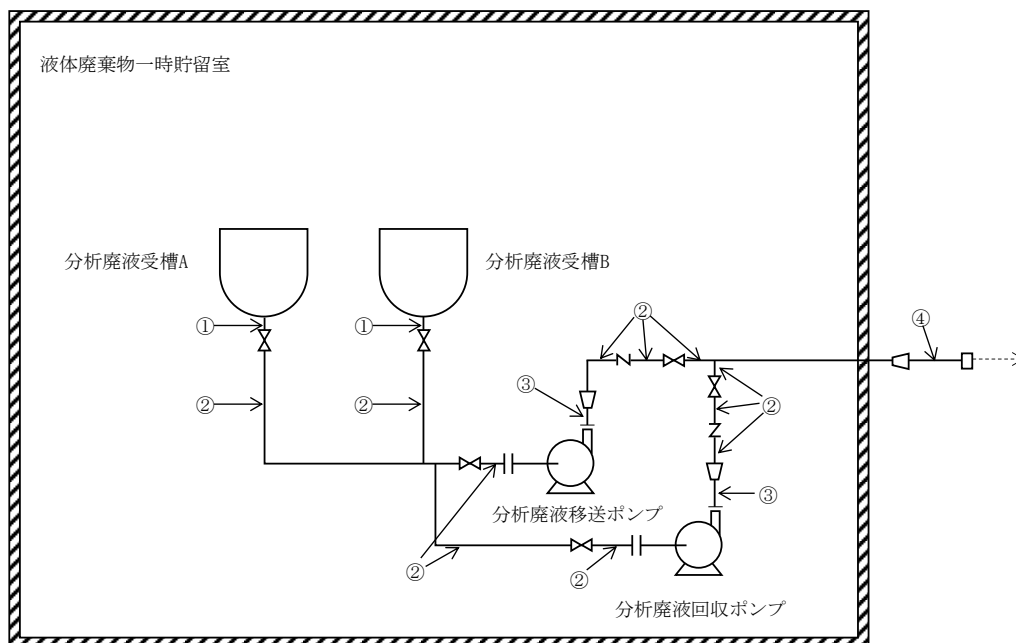
表－54 設備管理廃液受槽 A, B における管台の厚さの評価結果（廃液払い出し）

管台名称	廃液払い出し		
材料	SUS304TP		
水頭	H	(mm)	2659
最高使用温度		(°C)	60
管台の内径	D _i	(mm)	53.5
液体の比重	ρ	(－)	1.0
許容引張応力	S	(MPa)	127
継手効率	η	(－)	■
継手の種類	継手無し		
放射線検査の有無	－		
計算上必要厚さ	t ₁	(mm)	■
規格上必要厚さ	t ₂	(mm)	■
t ₁ , t ₂ の大きい値	t	(mm)	■
呼び厚さ	t _{no}	(mm)	3.50
最小厚さ	t _n	(mm)	■
評価：t _n ≥ t 。よって，最小厚さ t _n は必要厚さを満足している。			

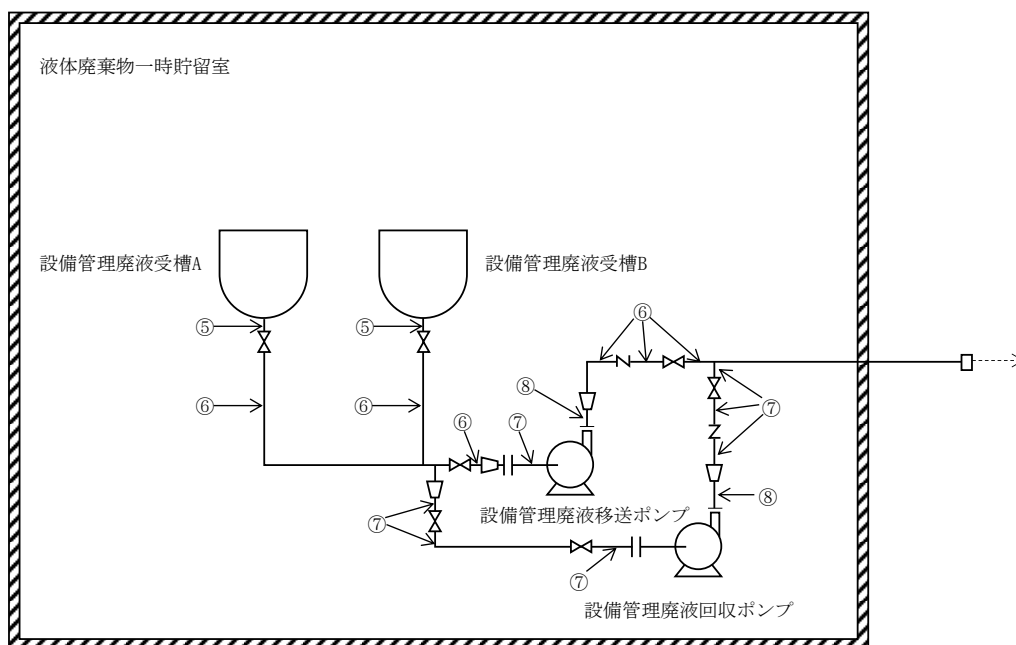
2.3 液体廃棄物一時貯留設備主要配管（鋼管）

2.3.1 評価箇所

液体廃棄物一時貯留設備 主要配管（鋼管）の強度評価箇所を図－66，67 に示す。なお，図中の番号は2.3.3 評価結果の項目番号と対応している。



図－66 液体廃棄物一時貯留設備 主要配管（鋼管）強度評価箇所（その 1）



図－67 液体廃棄物一時貯留設備 主要配管（鋼管）強度評価箇所（その 2）

2.3.2 評価方法

(1) 管の厚さの評価

管に必要な厚さは、次に掲げる値以上とする。

a. 内面に圧力を受ける管の計算上必要な厚さ：t

$$t = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

P	: 最高使用圧力 (MPa)
D _o	: 管の外径 (mm)
S	: 許容引張応力 (MPa)
η	: 継手効率 (－)

2.3.3 評価結果

評価結果を表－55 に示す。必要厚さを満足しており、十分な構造強度を有していることを確認した。

表-55 主要配管(鋼管)の厚さの評価

No.	最高使用 圧力P (MPa)	最高使用 温度 (℃)	外径D _o (mm)	公称厚さ (mm)	材料	許容引張 応力S (MPa)	継手効率 η	厚さの負 の許容差 (mm)	必要厚さt (mm)	最小厚さt _s (mm)
1	静水頭	60	48.6	3.0	SUS316LTP	109		0.5	—	2.50
2	0.4	60	48.6	3.0	SUS316LTP	109		0.5	0.09	2.50
3	0.4	60	34.0	3.0	SUS316LTP	109		0.5	0.07	2.50
4	0.4	60	60.5	3.5	SUS316LTP	109		0.5	0.12	3.00
5	静水頭	60	60.5	3.5	SUS304TP	127		0.5	—	3.00
6	0.5	60	60.5	3.5	SUS304TP	127		0.5	0.12	3.00
7	0.5	60	48.6	3.0	SUS304TP	127		0.5	0.10	2.50
8	0.5	60	34.0	3.0	SUS304TP	127		0.5	0.07	2.50

2.4 クラス4配管

2.4.1 評価方法

クラス4配管の管の厚さについては表－56に掲げる管の径に応じ，表の右欄に掲げる値以上とする。

表－56 円形の管の厚さ

管の径（mm）	設計・建設規格上の 必要最小厚さ（mm）
200以下	0.5
200を超え560以下	0.6
560を超え800以下	0.8
800を超え1000以下	1.0
1000を超えるもの	1.2

2.4.2 評価結果

第2棟のクラス4配管はすべて1.2mm以上の管の厚さになるよう設計するため，必要厚さを満足しており，十分な強度を有していることを確認した。

設備の耐震性に関する検討結果

1. 耐震設計の基本方針

第 2 棟の設備に係る耐震設計は、「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」（令和 4 年 11 月 16 日原子力規制委員会了承，令和 5 年 6 月 19 日一部改訂）に従いクラス別分類を行い，その耐震性の評価に当たっては，「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」等を参考とする。また，S クラス及び B⁺クラスの各設備は，剛構造[REDACTED]とする。第 2 棟は，B⁺クラスの施設の「長期的に使用するもの，又は地震により運転できないこと若しくは作業員への被ばく影響が生じることによりリスク低減活動への影響が大きい設備」に該当する設備を有する。また，臨界安全上の観点から，「臨界となりうる質量を超えた核燃料物質を取り扱う設備」として S クラスの施設に該当する設備を有する。一方，地震によって破損しても，公衆に影響を与える可能性が十分小さい設備は C クラスに分類している。さらに，上位の分類に属する設備は，下位の分類に属する設備の破損によって波及的影響が生じないように設計する。表-57 に主な設備の重要度による耐震クラス別分類を示す。

表-57 主な設備の重要度による耐震クラス別分類

耐震クラス別 設備	S	B ⁺	C
第2棟			
(1) 分析・試験 設備	○コンクリートセル（給 排気弁，主要排気管（鋼 管）* ¹ ，主要給気管（鋼管） * ² を含む。） ○試料ピット	○鉄セル ○グローブボックス	フード
(2) 液体廃棄物 一時貯留設備			分析廃液受槽 A，B 設備管理廃液受槽 A，B 分析廃液移送ポンプ 分析廃液回収ポンプ 設備管理廃液移送ポンプ 設備管理廃液回収ポンプ 主要配管（鋼管）* ³
(3) 換気空調設備		○セル・グローブボック ス用排気フィルタユニ ット A，B，C，D ○コンクリートセル用給 気フィルタユニット A， B ○鉄セル用給気フィルタ ユニット A，B，C，D ○グローブボックス用給 気フィルタユニット A， B，C，D，E，F，G，H ○主要排気管 （鋼管，ダクト）* ⁴ ○主要給気管（鋼管）* ⁵	セル・グローブボック ス用排風機 A，B フード用排風機 A，B 管理区域用排風機 A，B 管理区域用送風機 A，B フード用排気フィルタユ ニット A，B 管理区域用排気フィルタ ユニット 1～8
(4) その他の設備			電気設備 消火設備 天井クレーン 排気口
備考	○印は，本資料にて評価対象とするもの		

*1: コンクリートセル排気口からコンクリートセル排気弁まで

*2: コンクリートセル給気口からコンクリートセル給気弁まで

*3：分析廃液受槽出口から分析廃液移送ポンプ入口まで，分析廃液移送ポンプ出口から分析廃液払出

口まで，分析廃液受槽出口から分析廃液回収ポンプ入口まで，分析廃液回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで

設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液移送ポンプ入口まで，設備管理廃液移送ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで，設備管理廃液受槽出口から設備管理廃液回収ポンプ入口まで，設備管理廃液回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで

*4：コンクリートセル排気弁から排気母管まで，鉄セル排気口から排気母管まで，グローブボックス排気口から排気母管まで，排気母管，排気母管からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット入口まで，セル・グローブボックス用排気フィルタユニット出口からセル・グローブボックス用排風機入口まで

*5：コンクリートセル用給気フィルタユニットからコンクリートセル給気弁まで，鉄セル用給気フィルタユニットから鉄セル給気口まで，グローブボックス用給気フィルタユニットからグローブボックス給気口まで

1.1 構造計画

1.1.1 機器

各機器の構造計画を表－58～65 に示す。

表－58 コンクリートセルの構造計画(給排気弁, 主要排気管(鋼管), 主要給気管(鋼管)を含む。)

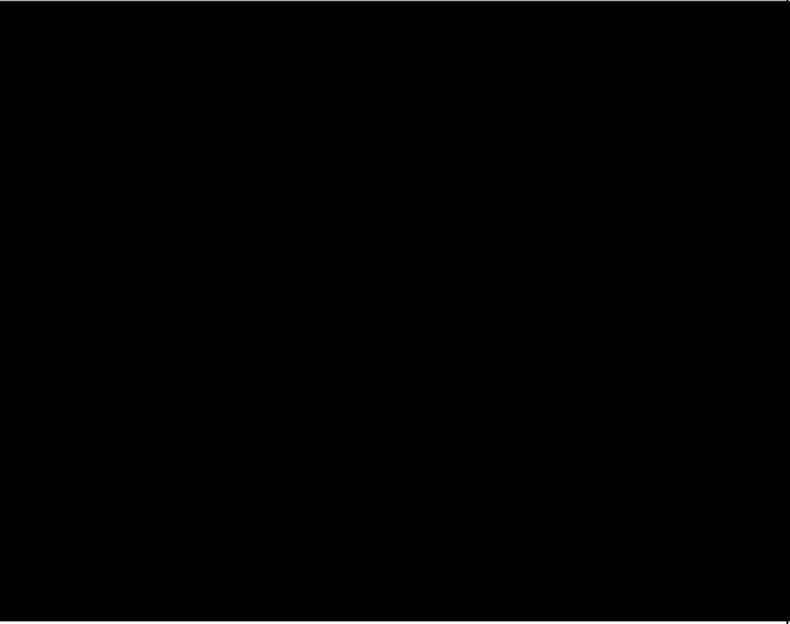
主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造	主体構造		
(1) コンクリートセル(給排気弁, 主要排気管(鋼管), 主要給気管(鋼管)を含む)	コンクリートセル(給排気弁, 主要排気管(鋼管), 主要給気管(鋼管)を含む)は第2棟の建屋構成部材(耐震壁及び柱)によって間接支持されている。	建屋(梁, 柱, 壁, 天井, 床) 鉄筋コンクリート		・コンクリートセル

表-59 試料ピットの構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造	主体構造		
(2) 試料ピット	試料ピット [REDACTED] であり、第2棟建屋と一体な構造となっている。	縦置き円筒形鉄筋コンクリート	[REDACTED]	・試料ピット

表-60 鉄セルの構造計画

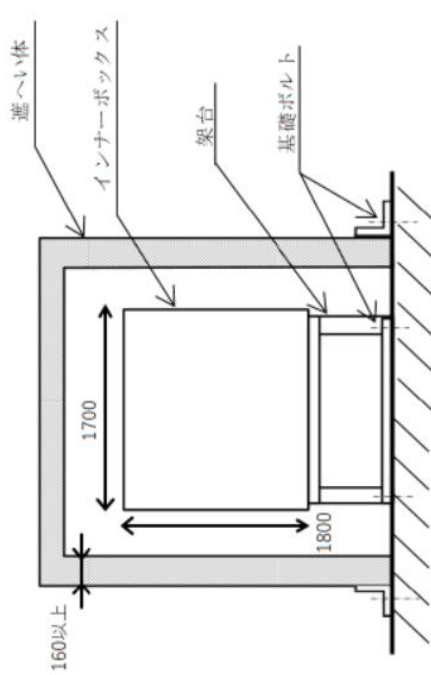
主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要																						
	基礎・支持構造	主体構造																								
(3) 鉄セル	遮へい体は基礎ボルトで床及び壁に固定する。インナーボックスは架台で支持し、基礎ボルトで床に固定する。	遮へい体：縦置き自立式 インナーボックス：縦置き矩形架台		・鉄セル																						
<table><tr><th>品名</th><th>材料</th><th>呼び径</th><th>許容範囲 (mm)</th><th>根拠</th><th>本数 (本)</th></tr><tr><td>基礎ボルト (遮へい体)</td><td>SCM 435</td><td>M30</td><td>-0.053 ~ -0.478</td><td>JISによる寸法許容差</td><td>113</td></tr><tr><td rowspan="2">基礎ボルト (インナーボックス)</td><td rowspan="2">SCM 435</td><td>M20</td><td>-0.042 ~ -0.377</td><td>JISによる寸法許容差</td><td>28</td></tr><tr><td>M24</td><td>-0.048 ~ -0.423</td><td>JISによる寸法許容差</td><td>4</td></tr></table>					品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)	基礎ボルト (遮へい体)	SCM 435	M30	-0.053 ~ -0.478	JISによる寸法許容差	113	基礎ボルト (インナーボックス)	SCM 435	M20	-0.042 ~ -0.377	JISによる寸法許容差	28	M24	-0.048 ~ -0.423	JISによる寸法許容差	4
品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)																					
基礎ボルト (遮へい体)	SCM 435	M30	-0.053 ~ -0.478	JISによる寸法許容差	113																					
基礎ボルト (インナーボックス)	SCM 435	M20	-0.042 ~ -0.377	JISによる寸法許容差	28																					
		M24	-0.048 ~ -0.423	JISによる寸法許容差	4																					

表-61 グローブボックスの構造計画

主要区分		計画の概要		概略構造図	摘要																														
		基礎・支持構造	主体構造																																
(4) グローブボックス		グローブボックス本体を架台で支持し、基礎ボルトで床に固定する。	グローブボックス本体：縦置き矩形架台	The diagram illustrates the structure of a Glove Box. It consists of a main rectangular body (グローブボックス本体) mounted on a base (架台). The main body has a height of 1000 mm (GB-No.1,2,4) and a width of 1300 mm (GB-No.3). The base has a height of 1500 mm (GB-No.3). The base is supported by four foundation bolts (基礎ボルト) which are embedded in the floor. The bolts are labeled GB-No.1, GB-No.2, GB-No.3, and GB-No.4.	・グローブボックス																														
<table><tr><th>品名</th><th>材料</th><th>呼び径</th><th>許容範囲 (mm)</th><th>根拠</th><th>本数 (本)</th></tr><tr><td>GB-No.1 基礎ボルト</td><td>SS400</td><td>M16</td><td>-0.038 ～ -0.318</td><td>JIS による寸法許容差</td><td>24</td></tr><tr><td>GB-No.2 基礎ボルト</td><td>SS400</td><td>M16</td><td>-0.038 ～ -0.318</td><td>JIS による寸法許容差</td><td>24</td></tr><tr><td>GB-No.3 基礎ボルト</td><td>SS400</td><td>M16</td><td>-0.038 ～ -0.318</td><td>JIS による寸法許容差</td><td>24</td></tr><tr><td>GB-No.4 基礎ボルト</td><td>SS400</td><td>M16</td><td>-0.038 ～ -0.318</td><td>JIS による寸法許容差</td><td>24</td></tr></table>						品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)	GB-No.1 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24	GB-No.2 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24	GB-No.3 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24	GB-No.4 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24
品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)																														
GB-No.1 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24																														
GB-No.2 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24																														
GB-No.3 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24																														
GB-No.4 基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ～ -0.318	JIS による寸法許容差	24																														

表-62 セル・グローブボックス用排気フィルタユニットの構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要													
	基礎・支持構造	主体構造															
(5) セル・グローブボックス用排気フィルタユニット	フィルタユニットは基礎ボルトで床に固定する。	縦置き矩形 フィルタ内蔵	2000 (セル・グローブボックス排気フィルタユニットA,B) 1000 (セル・グローブボックス排気フィルタユニットC,D) フィルタユニット 基礎ボルト 2550 (セル・グローブボックス排気フィルタユニットA,B) 2600 (セル・グローブボックス排気フィルタユニットC,D)	セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B, C, D													
<table><tr><th>品名</th><th>材料</th><th>呼び径</th><th>許容範囲 (mm)</th><th>根拠</th><th>本数 (本)</th></tr><tr><td>セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B基礎ボルト</td><td colspan="4" rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td></tr><tr><td>セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC, D基礎ボルト</td></tr></table>					品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)	セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B基礎ボルト						セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC, D基礎ボルト
品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)												
セル・グローブボックス用排気フィルタユニットA, B基礎ボルト																	
セル・グローブボックス用排気フィルタユニットC, D基礎ボルト																	

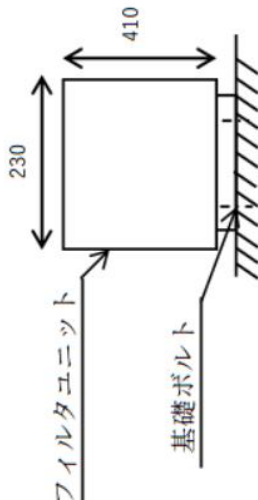
表-63 コンクリートセル用給気フィルタユニットの構造計画

主要区分		計画の概要		概略構造図	摘要												
基礎・支持構造		主体構造															
(6) コンクリートセル用給気フィルタユニット		フィルタユニットは基礎ボルトで床及び壁に固定する。		【正面図】 【側面図】	・コンクリートセル用給気フィルタユニットA, B												
				<table><tr><th>品名</th><th>材料</th><th>呼び径</th><th>許容範囲 (mm)</th><th>根拠</th><th>本数 (本)</th></tr><tr><td>コンクリートセル用給気フィルタユニットA, B基礎ボルト</td><td>SS400</td><td>M16</td><td>-0.038 ~ -0.318</td><td>JISによる寸法許容差</td><td>17/基</td></tr></table>	品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)	コンクリートセル用給気フィルタユニットA, B基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ~ -0.318	JISによる寸法許容差	17/基	
品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)												
コンクリートセル用給気フィルタユニットA, B基礎ボルト	SS400	M16	-0.038 ~ -0.318	JISによる寸法許容差	17/基												

表-64 鉄セル用給気フィルタユニットの構造計画

主 要 区 分	計 画 の 概 要		概 略 構 造 図	摘 要																		
	基礎・支持構造	主体構造																				
(7) 鉄セル用給気 フィルタユニット	フィルタユニット は基礎ボルト で床に固定す る。	縦置き矩形 フィルタ内蔵		・鉄セル用給気フ ィルタユニット A, B , C, D																		
<table><tr><th>品 名</th><th>材 料</th><th>呼 び 径</th><th>許 容 範 囲 (mm)</th><th>根 拠</th><th>本 数 (本)</th></tr><tr><td>鉄セル用給気 フィルタユニ ット A, B 基礎ボルト</td><td>SUS316</td><td>M12</td><td>-0.034 ～ -0.299</td><td>JIS に よ る 寸 法 許 容 差</td><td>4/基</td></tr><tr><td>鉄セル用給気 フィルタユニ ット C, D 基礎ボルト</td><td>SUS316</td><td>M12</td><td>-0.034 ～ -0.299</td><td>JIS に よ る 寸 法 許 容 差</td><td>4/基</td></tr></table>					品 名	材 料	呼 び 径	許 容 範 囲 (mm)	根 拠	本 数 (本)	鉄セル用給気 フィルタユニ ット A, B 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS に よ る 寸 法 許 容 差	4/基	鉄セル用給気 フィルタユニ ット C, D 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS に よ る 寸 法 許 容 差	4/基
品 名	材 料	呼 び 径	許 容 範 囲 (mm)	根 拠	本 数 (本)																	
鉄セル用給気 フィルタユニ ット A, B 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS に よ る 寸 法 許 容 差	4/基																	
鉄セル用給気 フィルタユニ ット C, D 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS に よ る 寸 法 許 容 差	4/基																	

表-65 グローブボックス用給気フィルタユニットの構造計画

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要																		
	基礎・支持構造	主体構造																				
(8) グローブボックス用給気フィルタユニット	フィルタユニットは基礎ボルトで床に固定する。	縦置き矩形 フィルタ内蔵	<table><thead><tr><th>品名</th><th>材料</th><th>呼び径</th><th>許容範囲 (mm)</th><th>根拠</th><th>本数 (本)</th></tr></thead><tbody><tr><td>グローブボックス用給気フィルタユニット A, B, C, D, E, F 基礎ボルト</td><td>SUS316</td><td>M12</td><td>-0.034 ～ -0.299</td><td>JIS による 寸法許容差</td><td>4/基</td></tr><tr><td>グローブボックス用給気フィルタユニット G, H 基礎ボルト</td><td>SUS316</td><td>M12</td><td>-0.034 ～ -0.299</td><td>JIS による 寸法許容差</td><td>4/基</td></tr></tbody></table>	品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)	グローブボックス用給気フィルタユニット A, B, C, D, E, F 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS による 寸法許容差	4/基	グローブボックス用給気フィルタユニット G, H 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS による 寸法許容差	4/基	・グローブボックス用給気フィルタユニット A, B, C, D, E, F, G, H
品名	材料	呼び径	許容範囲 (mm)	根拠	本数 (本)																	
グローブボックス用給気フィルタユニット A, B, C, D, E, F 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS による 寸法許容差	4/基																	
グローブボックス用給気フィルタユニット G, H 基礎ボルト	SUS316	M12	-0.034 ～ -0.299	JIS による 寸法許容差	4/基																	

1.1.2 配管系

(1) 主要給気管，主要排気管

主要給気管，主要排気管はサポートにより建屋等の構造物から支持される。サポートの位置を決定するに当たっては，原子力発電所の耐震設計に用いられている定ピッチスパン法により適正なサポートスパンを確保する。

1.2 設計用地震力

1.2.1 Sクラス機器・配管系の耐震評価設計用地震力

コンクリートセル及び試料ピットは，第2棟の建屋の構成部材（耐震壁及び柱）の一部であるため，参考資料4-2-1のとおり動的地震力（Ss900 機能維持及び Sd450 弾性範囲）及び静的地震力（3.0Ci）を考慮する。

その他各設備は，静的地震力（水平：3.6Ci）及び動的地震力（Sd450 弾性範囲）は動的地震力（Ss900 機能維持）の評価に包絡されることから，設計用地震力は動的地震力（Ss900 機能維持）を考慮する。表-66 に S クラスの設計用地震力，表-67 に Ss900 の階別設計用震度，表-68 に Ss900，Sd450 及び静的地震力の震度比較を示す。

表-66 Sクラスの設計用地震力

耐震クラス	動的地震力		静的地震力
	機能維持	弾性範囲	弾性範囲
S	Ss900	Sd450	水平：3.6Ci 鉛直：1.2Cv

表－67 Ss900の階別設計用震度*

階層	水平設計用震度		鉛直設計用震度
	水平 X 方向 C_{HX}	水平 Y 方向 C_{HY}	鉛直方向 (Z 方向) C_V
2 階 (T. P. +47. 8m)	1. 74	1. 74	0. 91
1 階 (T. P. +40. 8m)	1. 26	1. 26	0. 90
地下 1 階 (T. P. +33. 3m)	0. 84	0. 84	0. 89

＊：Ss900 の階層別設計用震度は、以下で示した床応答加速度を 1. 2 倍し、重力加速度 ($980. 665\text{cm/s}^2$) で割り、小数点第 3 位の値を切り上げた値で設定した。

なお、水平方向設計用震度については EW 方向と NS 方向の最大応答加速度を各階層毎に比較し、大きい方の値を水平 X 方向及び水平 Y 方向の水平方向設計震度として設定した。

参考資料 4－2－1：建屋の Ss900 による耐震性に関する評価結果

4. 2 地震応答解析結果 図－54, 55 最大応答加速度 (水平方向) の Ss900-①

地震応答解析結果 図－60 最大応答加速度 (鉛直方向) の Ss900-①

表－68 Ss900, Sd450 及び静的地震力の震度比較

階層	水平設計用震度					鉛直設計用震度				
	Sd450		Ss900		静的地震力 (3. 6Ci)	Sd450		Ss900		静的地震力 (1. 2Cv)
2 階 (T. P. +47. 8m)	0. 93	<	1. 74	>	0. 72	0. 48	<	0. 91	>	0. 36
1 階 (T. P. +40. 8m)	0. 75	<	1. 26	>	0. 72	0. 48	<	0. 90	>	0. 36
地下 1 階 (T. P. +33. 3m)	0. 48	<	0. 84	>	0. 72	0. 47	<	0. 89	>	0. 36

1. 2. 2 B⁺クラスの機器・配管系の耐震性評価設計用地震力

各設備は、剛構造であり建物・構築物との共振のおそれがないこと及び静的地震力 (水平：1. 8Ci) は動的地震力 (1/2Ss450 機能維持) の評価に包絡されることから、設計用地震力は動的地震力 (1/2Ss450 機能維持) を考慮する。表－69 に B⁺クラスの設計用地震力、表－70 に 1/2Ss450 の階別設計用震度、表－71 に静的地震力 (1. 8Ci) 及び動的地震力 (1/2Ss450 機能維持) の震度比較を示す。

表－69 耐震 B⁺クラスの設計用地震力

耐震クラス	動的地震力		静的地震力
	機能維持	弾性範囲(共振時のみ)	弾性範囲
B ⁺	1/2Ss450	1/2Sd225	水平：1.8Ci 鉛直：－

表－70 1/2Ss450の階別設計用震度*

階層	水平設計用震度		鉛直設計用震度
	水平 X 方向 C _{HX}	水平 Y 方向 C _{HY}	鉛直方向 (Z 方向) C _V
2 階 (T. P. +47. 8m)	0. 93	0. 93	0. 48
1 階 (T. P. +40. 8m)	0. 75	0. 75	0. 48
地下 1 階 (T. P. +33. 3m)	0. 48	0. 48	0. 47

＊：1/2Ss450 の階層別設計用震度は、床応答加速度を 1. 2 倍し、重力加速度 (980. 665cm/s²) で割り、小数点第 3 位の値を切り上げた値で設定した。

なお、水平方向設計震度については EW 方向と NS 方向の最大応答加速度を各階層毎に比較し、大きい方の値を X 方向及び Y 方向の水平方向設計震度として設定した。

別添 4－2：建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果

3. 4. 2 地震応答解析結果 図－27, 28 最大応答加速度 (水平方向) の 1/2Ss450-①

地震応答解析結果 図－33 最大応答加速度 (鉛直方向) の 1/2Ss450-①

表－71 静的地震力 (1. 8Ci) 及び動的地震力 (1/2Ss450 機能維持) の震度比較

階層	水平設計用震度		
	1/2Ss450		1. 8Ci
2 階 (T. P. +47. 8m)	0. 93	>	0. 36
1 階 (T. P. +40. 8m)	0. 75	>	0. 36
地下 1 階 (T. P. +33. 3m)	0. 48	>	0. 36

1.3 荷重の組合せと許容限界

コンクリートセル及び試料ピットは、第2棟の建屋の構成部材（耐震壁及び柱）の一部であるため、荷重の組合せと許容限界は、別添4-2による。

その他各設備の荷重の組合せと許容限界は以下のとおりとする。表-72にSクラスの供用状態と許容応力を示し、表-73にB⁺クラスの供用状態と許容応力を示す。また、表-74に記号の説明を示す。

表-72 Sクラスの供用状態と許容応力

耐震 クラス	荷重の 組合せ	供用状態	許 容 限 界 (ボ ル ト 等)		適用範囲
			一次応力		
			引張*2	せん断*2	
S	D+P _D +M _D +S _S	C _S * ¹	1.5・f _t	1.5・f _s	配管

＊1：動的地震力 Ss900 の評価においても保守的な評価となるよう許容応力が厳しい供用状態 C_S で評価する。

＊2：許容応力は「設計・建設規格 SSB-3132」に従い算出する。

表-73 B⁺クラスの供用状態と許容応力

耐震 クラス	荷重の 組合せ	供用状態	許 容 限 界 (ボ ル ト 等)		適用範囲
			一次応力		
			引張*2	せん断*2	
B ⁺	D+P _d +M _d +S _{B+}	Cs* ¹	1.5・f _t	1.5・f _s	基礎ボルト 配管

＊1：動的地震力 1/2Ss450 の評価においても保守的な評価となるよう許容応力が厳しい供用状態 C_S で評価する。

＊2：許容応力は「設計・建設規格 SSB-3132」に従い算出する。

表-74 記号の説明

記号	記号の説明
D	死荷重
P_D	地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲがある場合はこれを含む。）における圧力荷重又は当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
P_d	当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
M_D	地震と組み合わせべきプラントの運転状態Ⅰ及びⅡ（運転状態Ⅲがある場合はこれを含む。）における機械的荷重又は当該設備に設計上定められた機械的荷重
M_d	当該設備に設計上定められた機械的荷重
S_S	Sクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
S_{B+}	B ⁺ クラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
f_t	供用状態 Cs での許容引張応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3132」により規定される値。
f_s	供用状態 Cs での許容せん断応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3132」により規定される値。

また、供用状態 Cs とは、「設計・建設規格 GNR-2110」に規定される状態に、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と、静的地震力を組み合わせた状態をいう。

2. 耐震性評価結果

2.1 コンクリートセル（耐震 S クラス）

コンクリートセルは第2棟建屋の構成部材（耐震壁及び柱）の一部であるため、第2棟建屋の耐震性評価により、コンクリートセルの耐震性を評価する。

参考資料 4-2-1 に示すとおり、コンクリートセルは Ss900 による評価では機能維持範囲内にあり、Sd450 及び 3.0Ci による評価では弾性範囲内にあることを確認しているため、Sクラスの耐震性を有することを確認した。

2.2 コンクリートセル給排気弁（耐震 S クラス）

2.2.1 一般事項

コンクリートセル給排気弁（耐震 S クラス）の耐震性についての評価方法を示す。

(1) 適用基準

コンクリートセル給排気弁（耐震 S クラス）の耐震性評価としては、地震時の動的機能維持評価を行う。評価方法は、「JEAG4601-1991 原子力発電所耐震設計技術指針追補版」（以下「JEAG4601」という。）を適用する。

(2) 評価条件

コンクリートセル給排気弁は、設置されている配管系が剛構造であることを前提条件として以下の評

価条件とする。

- a. コンクリートセル給排気弁の主な仕様を表-75 に示す。
- b. JEAG4601 に基づき、耐震性の評価方法として 1800A 以下のバタフライ弁は機能維持確認済加速度との比較評価を行うと記載されており、コンクリートセルの給排気弁は 1800A 以下であるため、給排気弁が設置される位置における Ss900 の設計用震度(表-67 の 2 階における設計用震度)と機能確認済加速度との比較により、地震時又は地震後の動的機能維持を評価する。
- c. 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- d. 配管系の固有値が剛となる場合は、JEAG4601によると「床応答スペクトルのZPA(ゼロ周期加速度)を弁駆動部応答加速度と見なして評価を行う」とあるが、本評価では一定の余裕を考慮し、床の最大応答加速度を1.2倍した値を使用する。
- e. Ss900の設計用加速度が機能維持確認済加速度を超過する場合は、構造強度評価を実施する。

表-75 給排気弁の主な仕様

名称	安全機能			配管呼び径	主要材質	用途
	閉 じ 込 め	遮 へ い	臨 界			
給排気弁	○	—	—			負圧維持機能喪失時にFC(フェールクローズ)になり、セル内を静的閉じ込めするものである。

2.2.2 計算方法

(1) 機能維持確認済加速度との比較

表-76 にコンクリートセル給排気弁の機能維持確認済加速度を示す。コンクリートセル給気弁は 2 階に設置され、コンクリートセル排気弁は地下 1 階の天井に設置されるため、安全側に 2 階の設計用加速度を用いる。

表-76 コンクリートセル給排気弁の機能維持確認済加速度

設備名称	形式	方向	機能維持確認済加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$)
コンクリートセル給排気弁	バタフライ弁	水平	6.0
		鉛直	6.0

(2) 評価結果

Ss900の設計用加速度と機能維持確認済加速度との比較結果を表-77に示す。コンクリートセル給排気弁のSs900の設計用加速度は機能維持確認済加速度以下となるため、Sクラスの耐震性を有しており、構造強度が担保されていることを確認した。

表-77 Ss900 の設計用加速度と機能維持確認済加速度との比較結果

設備名称	Ss900の設計用加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$)		機能維持確認済加速度 ($\times 9.80665\text{m/s}^2$)	
	水平	鉛直	水平	鉛直
コンクリートセル 給排気弁	1.74	0.91	6.0	6.0
	水平2方向の組合せ*			
	2.47			

*：水平方向のベクトル合成を考慮

2.3 試料ピット（耐震 S クラス）

2.3.1 一般事項

試料ピットは[REDACTED]であり、第2棟建屋と一体の構造となっているため、第2棟建屋の耐震性評価により、試料ピットの耐震性を評価する。

参考資料4-2-1に示すとおり、試料ピットはSs900による評価では機能維持範囲内にあり、Sd450及び3.0Ciによる評価では弾性範囲内にあることを確認しているため、Sクラスの耐震性を有することを確認した。

2.4 鉄セル（耐震 B⁺クラス）

2.4.1 一般事項

本基本方針は、鉄セル（耐震 B⁺クラス）の耐震性についての評価方法を示す。

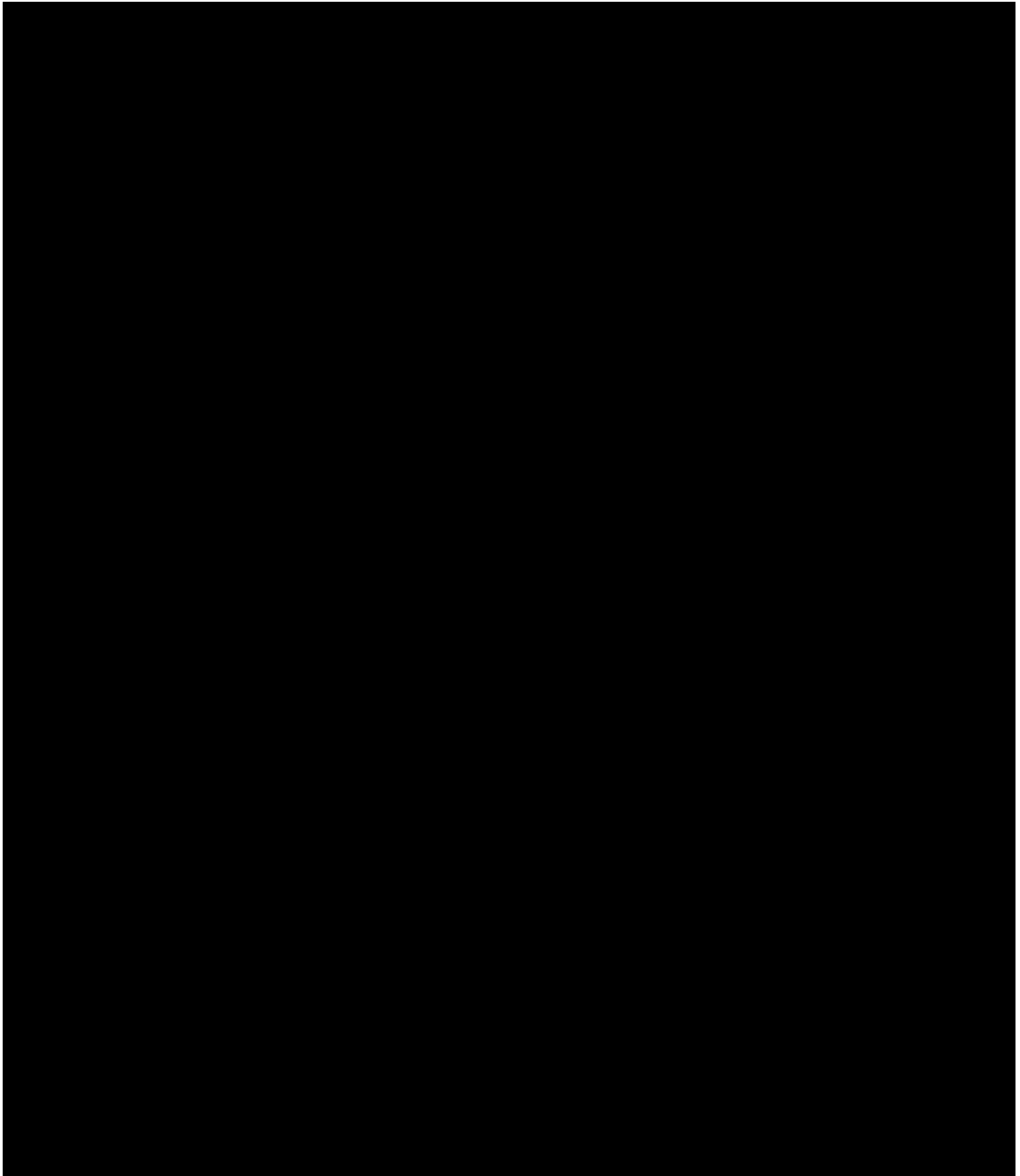
(1) 適用基準

計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とする。

(2) 計算条件

- 鉄セル（遮へい体及びインナーボックス）の耐震評価は、基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。
- 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に、評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- 耐震計算は3次元FEMモデルを構築し、地震荷重を作用させる。鉄セル構造図を図-68に示し、3次元FEMモデルを図-69、70に示す。
- モデル化にあたっては、インナーボックスは床面に、遮へい体はブラケットによって床面及び壁面にボルト固定された状態として、モデル化した。

- f. 解析モデルの重量は，部材質量に分析装置等の質量を加算した全重量とした。
- g. 固有値解析を実施して剛であることを確認し，1/2Ss450 による静的解析を実施する。
- h. 地震力の組合せは，水平 2 方向の地震動と鉛直方向の地震動を FEM 解析モデルへ同時入力する。
- i. 地震力の入力方向の組合せは，X，Y，Z 方向の 3 方向に対してそれぞれ正又は負方向を考慮して， $8(=2 \times 2 \times 2)$ 通りであり，それらを評価する。
- j. 拘束条件は，床面及び壁面のボルト固定点をピン拘束（並進 3 方向固定）とした。
- k. 解析コードは，「MSC Nastran」を使用した。



図－68 鉄セル構造図

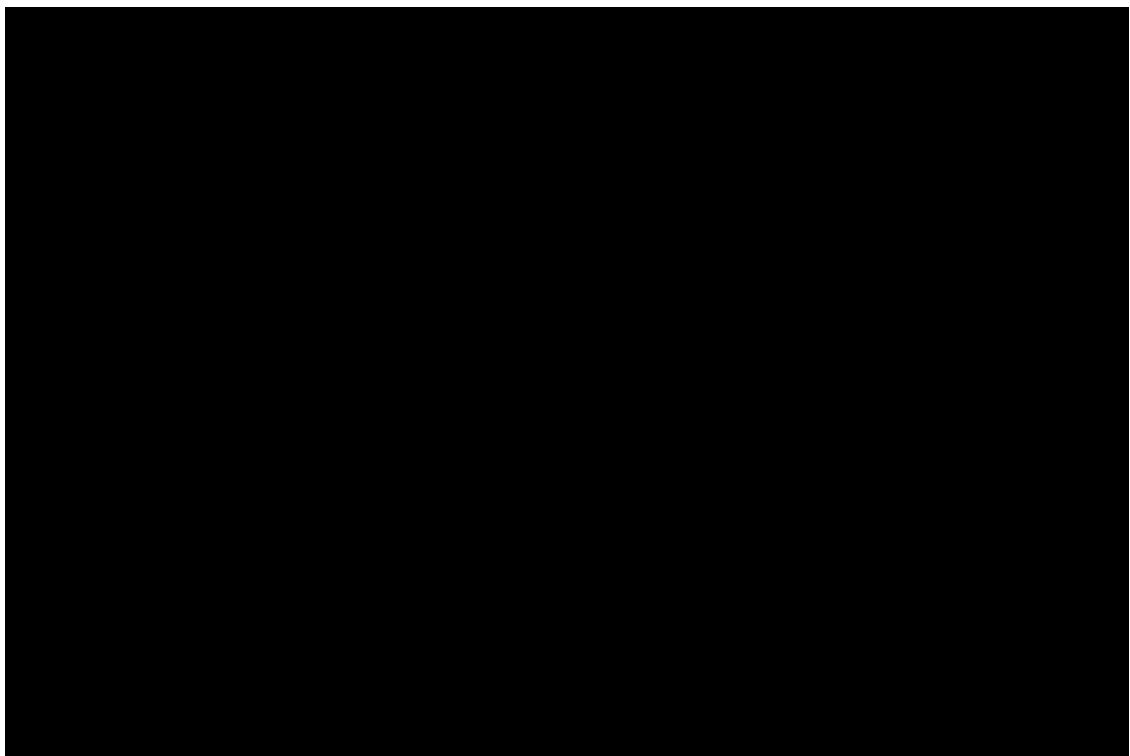


図-69 鉄セル（遮へい体及びインナーボックス）の3次元FEMモデル（1/2）

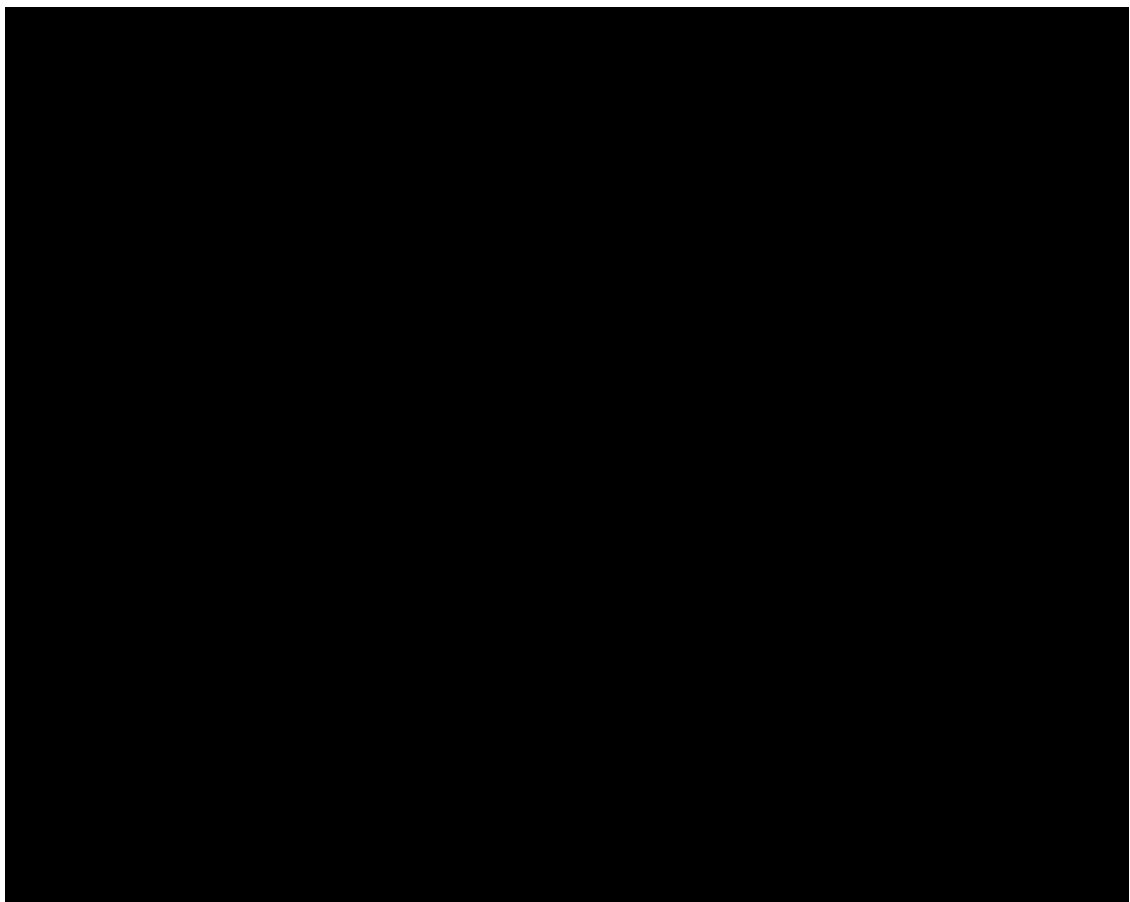
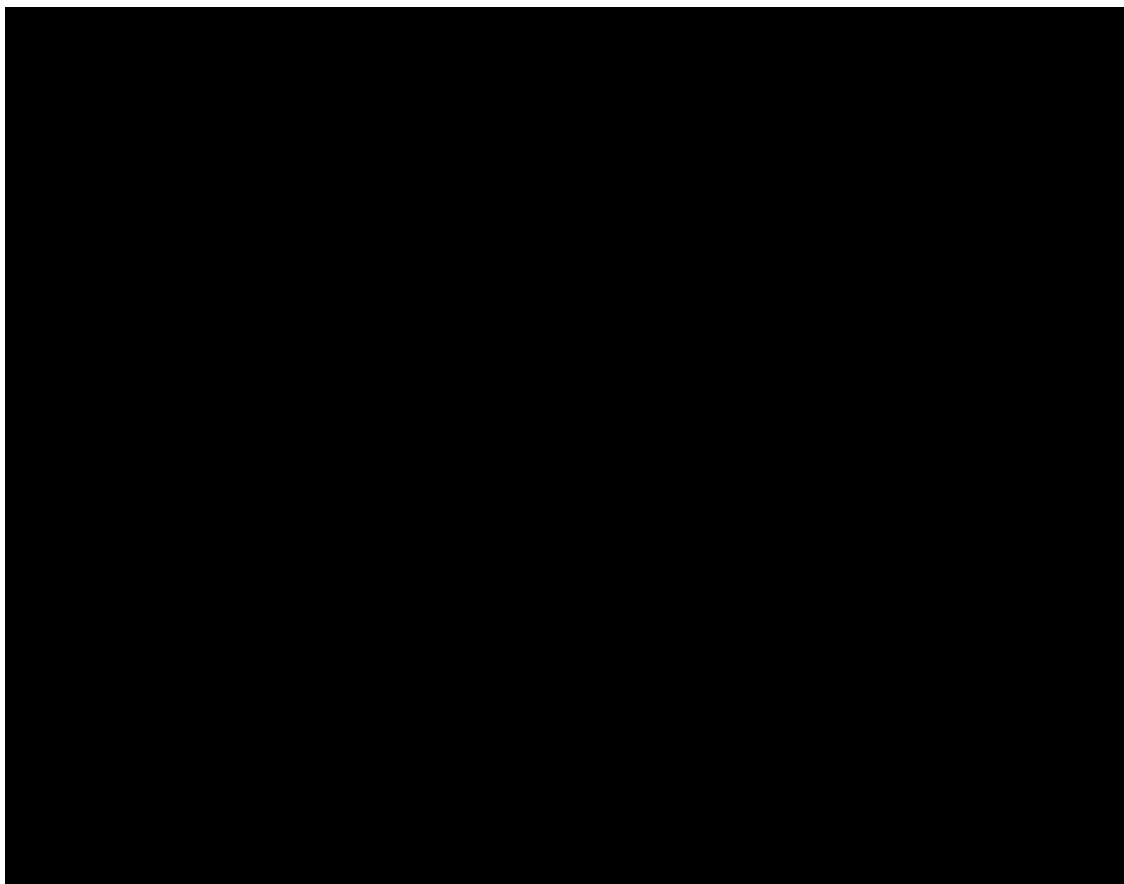


図-70 鉄セル（遮へい体及びインナーボックス）の3次元FEMモデル（2/2）

2.4.2 固有値解析結果

図－71 に示す鉄セルの固有値解析モデルで固有周期を解析した結果、固有周期は 1 次振動モードで [REDACTED] となった。固有周期は [REDACTED] であることから、鉄セルは剛構造であることを確認した。



図－71 鉄セルの 1 次振動モード

2.4.3 応力評価

(1) 記号の説明

記号の説明を表－78 に示す。

表－78 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_{HX}	水平方向設計震度（水平 X 方向）	—
C_{HY}	水平方向設計震度（水平 Y 方向）	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	—
F	基準強度	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

(2) 計算方法

a. 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3132」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い、評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

2.4.4 評価結果

(1) 鉄セル（遮へい体）

a. 評価条件

鉄セル（遮へい体）の応力評価条件を表－79 に示す。また、鉄セル（遮へい体）の最大応力発生箇所を図－72 に示す。

表－79 鉄セル（遮へい体）の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
鉄セル (遮へい体)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階	$C_{HX}=0.75$ $C_{HY}=0.75$	$C_V=0.48$	40

b. 機器要目

鉄セル（遮へい体）の機器要目を表－80 に示す。

表－80 鉄セル（遮へい体）の機器要目

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SCM435	785	930	651

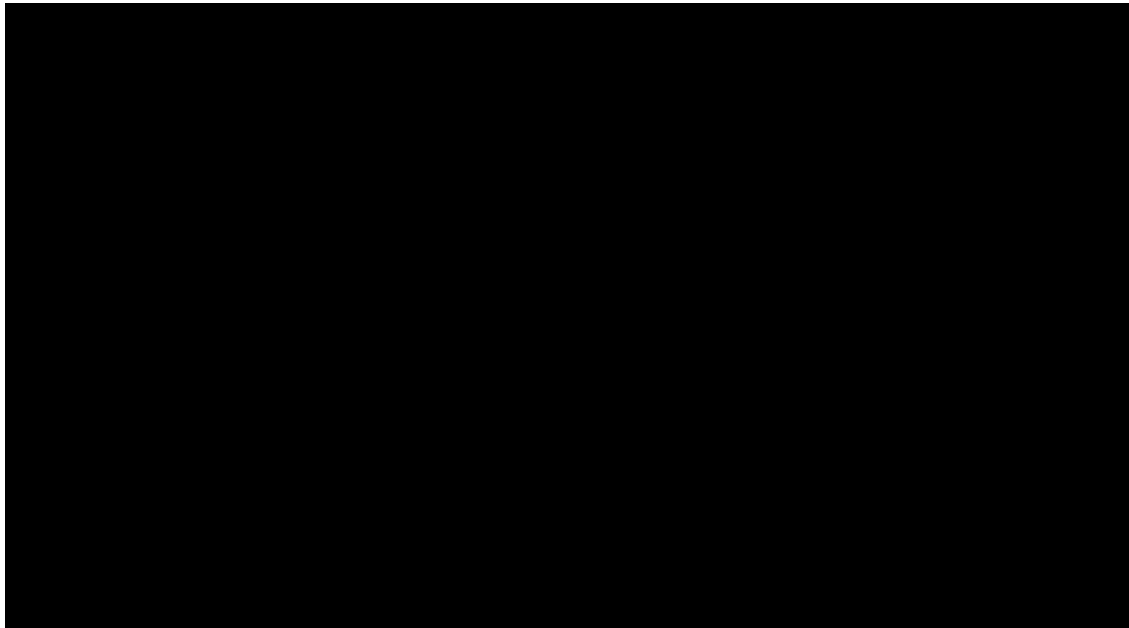
c. 評価結果

鉄セル（遮へい体）の応力評価結果を表－81 に示す。

表－81 鉄セル（遮へい体）の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SCM435	引張	$\sigma_b=80$	$f_{ts}=487$
		せん断	$\tau_b=80$	$f_s=375$

鉄セル（遮へい体）の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。



図－72 鉄セル（遮へい体）の最大応力発生箇所

(2) 鉄セル（インナーボックス）

a. 評価条件

鉄セル（インナーボックス）の応力評価条件を表－82 に示す。

表－82 鉄セル（インナーボックス）の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
鉄セル (インナーボックス)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階	$C_{HX}=0.75$ $C_{HY}=0.75$	$C_V=0.48$	40

b. 機器要目

鉄セル（インナーボックス）の機器要目を表－83 に示す。

表－83 鉄セル（インナーボックス）の機器要目

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SCM435	785	930	651

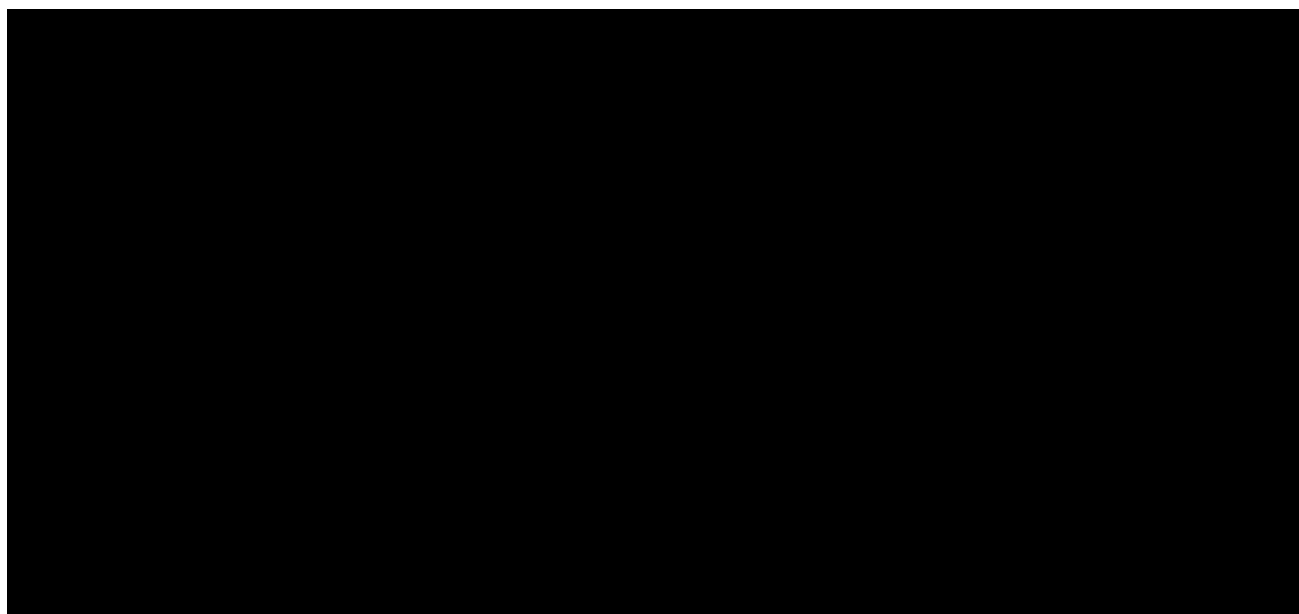
c. 評価結果

鉄セル（インナーボックス）の応力評価結果を表－84 に示す。また、鉄セル（インナーボックス）の最大応力発生箇所を図－73 に示す。

表－84 鉄セル（インナーボックス）の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SCM435	引張	$\sigma_b=30$	$f_{ts}=487$
		せん断	$\tau_b=39$	$f_s=375$

鉄セル（インナーボックス）の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。



図－73 鉄セル（インナーボックス）の最大応力発生箇所

2.5 グローブボックス（耐震 B⁺クラス）

2.5.1 一般事項

本基本方針は、グローブボックス（耐震 B⁺クラス）の耐震性についての計算方法を示す。

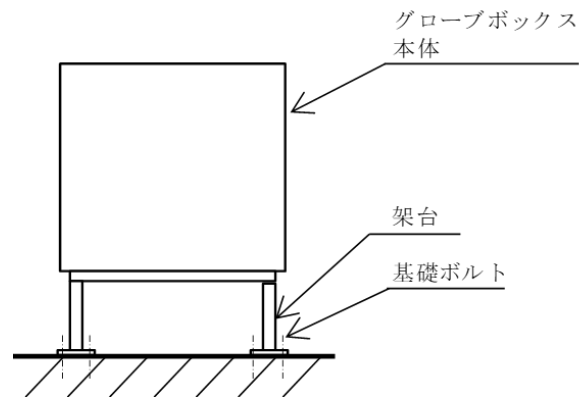
(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」，「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とし，「設計・建設規格」を適用する。

(2) 計算条件

- グローブボックス（GB-No. 1, 2, 3, 4）の耐震評価は，基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。概略図を図－74 に示す。
- 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に，評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は，比例法を用いて計算する。ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第 1 位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- 耐震計算モデルは 1 質点系とし，グローブボックス（GB-No. 1, 2, 3, 4）の重心位置に地震荷重が作用する。

- e. 基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを転倒支点から各ボルト列で受けるものとして計算する。各列のボルト本数が同数のため、引張力は転倒支点から各ボルト列までの距離に比例することから、転倒支点から最も離れた基礎ボルトに作用する引張力が最大となる（図－75 参照）。
- f. 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。



図－74 グローブボックスの概略図

(3) 記号の説明

記号の説明を表－85 に示す。

表－85 記号の説明

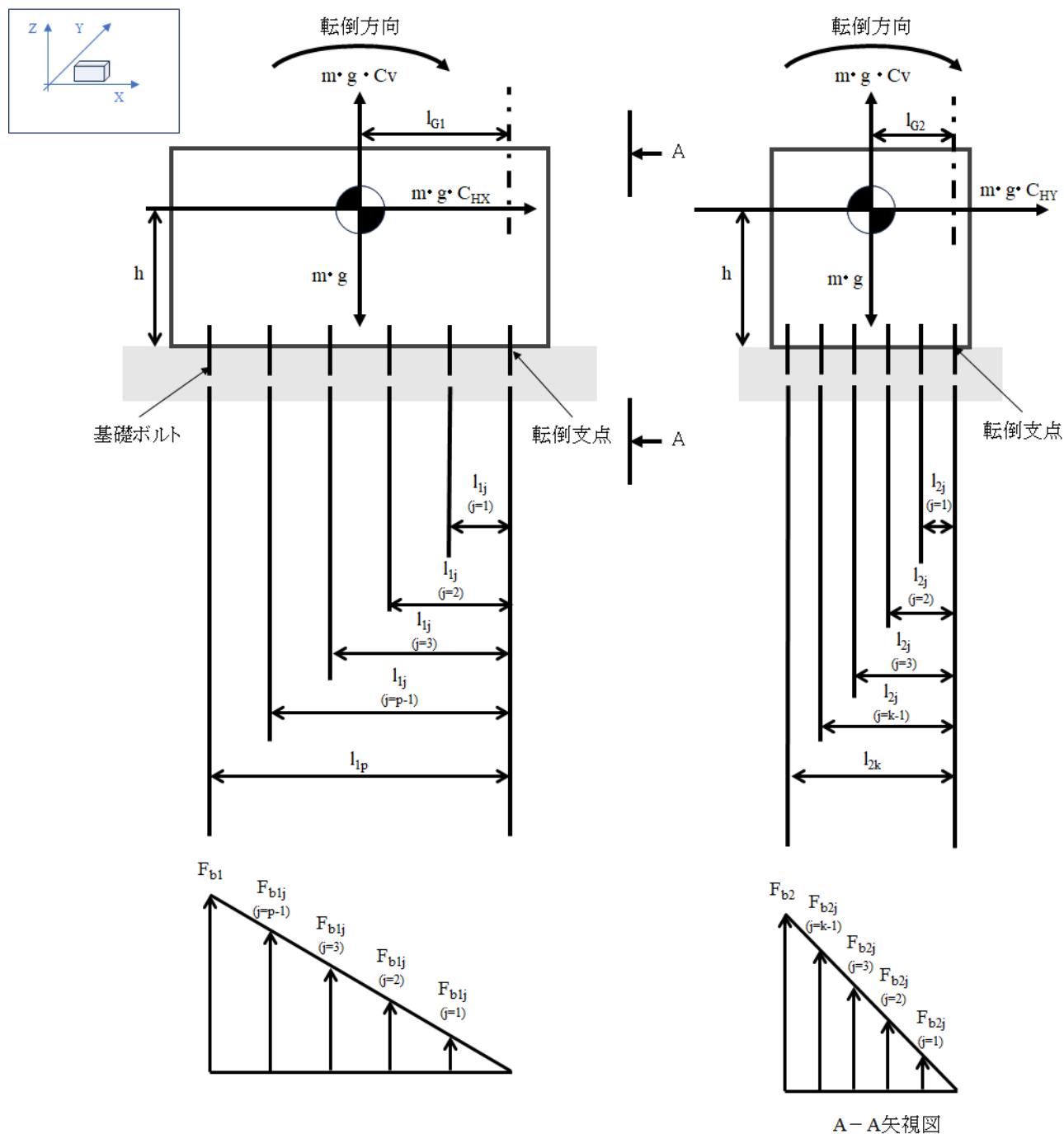
記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度(水平 X 方向)	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度(水平 Y 方向)	—
C_V	鉛直方向の設計用震度(Z 方向)	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	基準強度	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)	N
F_{b1}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 X 方向)	N
F_{b2}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 Y 方向)	N
F_{b3X}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 X 方向)	N
F_{b3Y}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 Y 方向)	N
F_{bG1}	自重によって基礎ボルトに作用する自重(1 本当たり)(水平 X 方向)	N
F_{bG2}	自重によって基礎ボルトに作用する自重(1 本当たり)(水平 Y 方向)	N
f_s	許容せん断応力	MPa

f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
h	据付面から重心までの距離	mm
l_{G1}	重心と転倒支点間の距離 (水平 X 方向)	mm
l_{G2}	重心と転倒支点間の距離 (水平 Y 方向)	mm
l_{1j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(水平 X 方向)	mm
l_{1P}	転倒支点から最も離れた基礎ボルトまでの距離(水平 X 方向)	mm
l_{2j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離(水平 Y 方向)	mm
l_{2k}	転倒支点から最も離れた基礎ボルトまでの距離(水平 Y 方向)	mm
m	機器の質量	kg
n	基礎ボルトの全本数	—
n_{f1j}	転倒支点から l_{1j} の距離にある基礎ボルトの本数 (水平 X 方向)	—
n_{f1P}	転倒支点から l_{1P} の距離にある基礎ボルトの本数(水平 X 方向)	—
n_{f2j}	転倒支点から l_{2j} の距離にある基礎ボルトの本数 (水平 Y 方向)	—
n_{f2k}	転倒支点から l_{2k} の距離にある基礎ボルトの本数(水平 Y 方向)	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.5.2 計算方法

(1) 基礎ボルトの応力計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による引張応力とせん断応力について計算する。応力評価モデルを図－75に示す。



図－75 応力評価モデル

a. 引張応力

基礎ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{b1} (水平X方向), F_{b2} (水平Y方向)及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{b3X} (水平X方向), F_{b3Y} (水平Y方向)は, 片側の列のボルトを支点とする転倒を考え, これを転倒支点から各ボルト列で受けるものとする。本評価では, 各列のボルト本数が同数のため, 引張力は転倒支点から各ボルト列までの距離に比例することから, 転倒支点から最も離れた基礎ボルトに作用する引張力が最大となる。(図-75参照)

さらに, 引張力は自重によって打ち消されるため, 負の引張力として F_{bG1} 及び F_{bG2} を計算する。

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HX} \cdot h \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HY} \cdot h \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

$$F_{b3X} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{G1} \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{b3Y} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{G2} \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

$$F_{bG1} = \frac{m \cdot g \cdot l_{G1} \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{bG2} = \frac{m \cdot g \cdot l_{G2} \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし, 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せは, 組合せ係数法を用いて評価する。

$$F_b = \max(1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3Y} - F_{bG2})$$

引張応力 σ_b は次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで, 基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. せん断応力

基礎ボルトに作用するせん断荷重は、基礎ボルトに均等に荷重が作用するものとし、ボルトのせん断力 Q_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_b = \max(m \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, m \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_b は次式により求める。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

(2) 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3132」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$
$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い、評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

2.5.3 評価結果

(1) グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4)

a. 評価条件

グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の応力評価条件を表-86 に示す。

表-86 グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (°C)
グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階	C _{HX} =0.75 C _{HY} =0.75	C _V =0.48	60

b. 機器要目

グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の機器要目を表-87～89 に示す。

表-87 グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の機器要目 (1/3)

h (mm)	m (kg)	A _b (mm ²)	n (—)
1360	1300	201.1	24

表-88 グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の機器要目 (2/3)

l _{G1} (mm)	l _{G2} (mm)	l ₁₁ (mm)	l ₁₂ (mm)	l ₁₃ (mm)	l ₁₄ (mm)	l ₁₅ (mm)	l ₂₁ (mm)	l ₂₂ (mm)	l ₂₃ (mm)	n _{f11} ～n _{f15} (—)	n _{f21} ～n _{f23} (—)
995	495	150	920	1070	1840	1990	150	840	990	4	6

表-89 グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の機器要目 (3/3)

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SS400	227	389	227

c. 評価結果

グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の応力評価結果を表-90 に示す。

表-90 グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SS400	引張	σ _b =6	f _{ts} =170
		せん断	τ _b =3	f _s =131

グローブボックス (GB-No. 1, 2, 4) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

(2) グローブボックス (GB-No. 3)

a. 評価条件

グローブボックス (GB-No. 3) の応力評価条件を表-91 に示す。

表-91 グローブボックス (GB-No. 3) の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (°C)
グローブボックス (GB-No. 3)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階	C _{HX} =0.75 C _{HY} =0.75	C _V =0.48	60

b. 機器要目

グローブボックス (GB-No. 3) の機器要目を表-92～94 に示す。

表-92 グローブボックス (GB-No. 3) の機器要目 (1/3)

h (mm)	m (kg)	A _b (mm ²)	n (-)
1610	1600	201.1	24

表-93 グローブボックス (GB-No. 3) の機器要目 (2/3)

l _{G1} (mm)	l _{G2} (mm)	l ₁₁ (mm)	l ₁₂ (mm)	l ₁₃ (mm)	l ₁₄ (mm)	l ₁₅ (mm)	l ₂₁ (mm)	l ₂₂ (mm)	l ₂₃ (mm)	n _{f11} ～n _{f15} (-)	n _{f21} ～n _{f23} (-)
995	645	150	920	1070	1840	1990	150	1140	1290	4	6

表-94 グローブボックス (GB-No. 3) の機器要目 (3/3)

部材	材料	S _y (MPa)	S _u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SS400	227	389	227

c. 評価結果

グローブボックス (GB-No. 3) の応力評価結果を表-95 に示す。

表-95 グローブボックス (GB-No. 3) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SS400	引張	σ _b =6	f _{ts} =170
		せん断	τ _b =3	f _s =131

グローブボックス (GB-No. 3) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

2.6 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) (耐震 B⁺クラス)

2.6.1 一般事項

本基本方針は、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) (耐震 B⁺クラス) の耐震性についての計算方法を示す。

(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」, 「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とし, 「設計・建設規格」を適用する。

(2) 計算条件

- a. セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の耐震評価は, 基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。概略図を図-76 に示す。
- b. 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に, 評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は, 比例法を用いて計算する。ただし, 比例法を用いる場合の端数処理は, 小数第 1 位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- d. 耐震計算モデルは 1 質点系とし, セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) 及び内容物の質量は重心に集中され, 重心位置に地震荷重が作用する。
- e. 基礎ボルトに対する引張力は, 片側の列のボルトを支点とする転倒を考え, これを転倒支点から各ボルト列で受けるものとして計算する。各列のボルト本数が同数のため, 引張力は転倒支点から各ボルト列までの距離に比例することから, 転倒支点から最も離れた基礎ボルトに作用する引張力が最大となる。(図-77 参照)
- f. 基礎ボルトに対するせん断力は, 基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

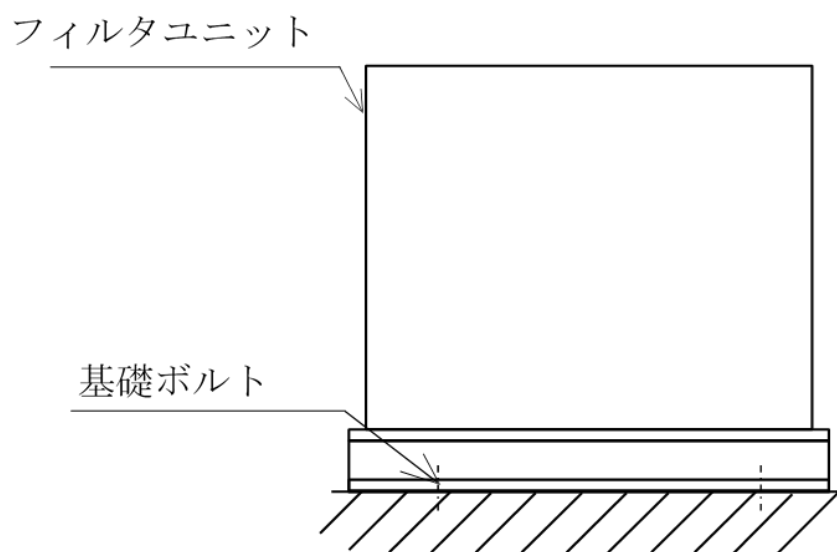


図-76 セル・グローブボックス用排気フィルタユニットの概略図

(3) 記号の説明

記号の説明を表－96 に示す。

表－96 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	基準強度	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
F_{b1}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 X 方向)	N
F_{b2}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 Y 方向)	N
F_{b3X}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 X 方向)	N
F_{b3Y}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力(1 本当たり)(水平 Y 方向)	N
F_{bG1}	自重によって基礎ボルトに作用する自重(1 本当たり)(水平 X 方向)	N
F_{bG2}	自重によって基礎ボルトに作用する自重(1 本当たり)(水平 Y 方向)	N
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度（=9.80665）	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_{G1}	重心と転倒支点間の距離（水平 X 方向）	mm
l_{G2}	重心と転倒支点間の距離（水平 Y 方向）	mm
l_{1j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離（水平 X 方向）	mm
l_{1P}	転倒支点から最も離れた基礎ボルトまでの距離（水平 X 方向）	mm
l_{2j}	転倒支点と各基礎ボルトとの距離（水平 Y 方向）	mm
l_{2k}	転倒支点から最も離れた基礎ボルトまでの距離（水平 Y 方向）	mm
m	機器の質量	kg
n	基礎ボルトの全本数	—
n_{f1j}	転倒支点から l_{1j} の距離にある基礎ボルトの本数（水平 X 方向）	—
n_{f1P}	転倒支点から l_{1P} の距離にある基礎ボルトの本数（水平 X 方向）	—
n_{f2j}	転倒支点から l_{2j} の距離にある基礎ボルトの本数（水平 Y 方向）	—
n_{f2k}	転倒支点から l_{2k} の距離にある基礎ボルトの本数（水平 Y 方向）	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.6.2 計算方法

(1) 基礎ボルトの応力計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による引張応力とせん断応力について計算する。応力評価モデルを図-77に示す。

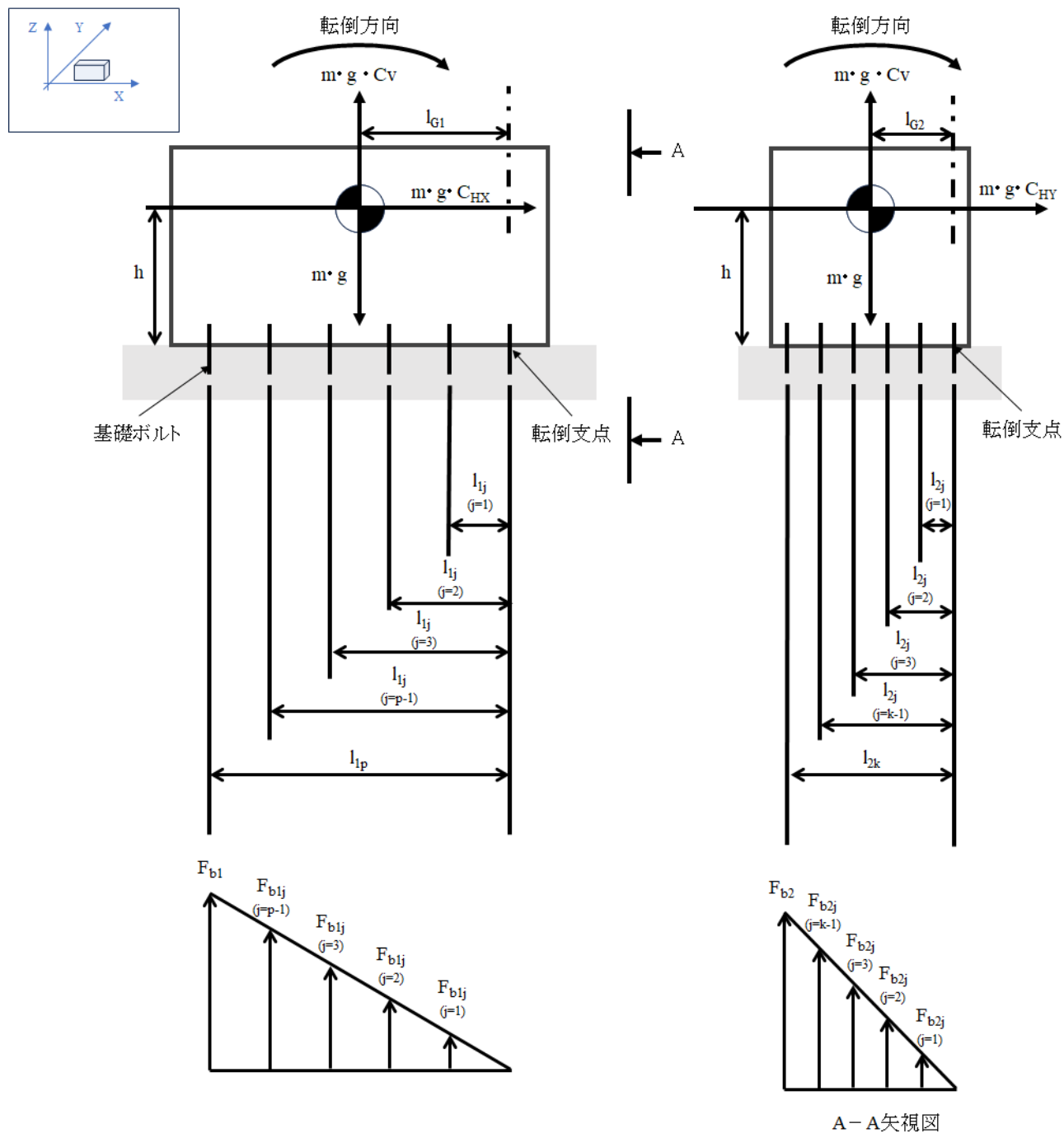


図-77 応力評価モデル

a. 引張応力

基礎ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{b1} （水平X方向）、 F_{b2} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{b3X} （水平X方向）、 F_{b3Y} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを転倒支点から各ボルト列で受けるものとする。本評価では、各列のボルト本数が同数のため、引張力は転倒支点から各ボルト列までの距離に比例することから、転倒支点から最も離れた基礎ボルトに作用する引張力が最大となる。（図-77参照）

さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として F_{bG1} 及び F_{bG2} を計算する。

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HX} \cdot h \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HY} \cdot h \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

$$F_{b3X} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{G1} \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{b3Y} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{G2} \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

$$F_{bG1} = \frac{m \cdot g \cdot l_{G1} \cdot l_{1p}}{\sum_{j=1}^p n_{f1j} \cdot l_{1j}^2}$$

$$F_{bG2} = \frac{m \cdot g \cdot l_{G2} \cdot l_{2k}}{\sum_{j=1}^k n_{f2j} \cdot l_{2j}^2}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$F_b = \max(1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3Y} - F_{bG2})$$

引張応力 σ_b は次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. セン断応力

基礎ボルトに作用するせん断荷重は、基礎ボルトに均等に荷重が作用するものとし、ボルトのせん断力 Q_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_b = \max(m \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, m \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_b は次式により求める。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

(2) 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3132」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1 (1)」に従い、評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

2.6.3 評価結果

(1) セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B)

a. 評価条件

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の応力評価条件を表-97 に示す。

表-97 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
セル・ グローブボックス 用排気フィルタ ユニット(A, B)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 地下1階	$C_{HX}=0.48$ $C_{HY}=0.48$	$C_V=0.47$	60

b. 機器要目

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の機器要目を表-98～100 に示す。

表-98 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の機器要目 (1/3)

h (mm)	m (kg)	A_b (mm ²)	n (-)
■	■	■	■

表-99 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の機器要目 (2/3)

l_{G1} (mm)	l_{G2} (mm)	l_{11} (mm)	l_{12} (mm)	l_{21} (mm)	$n_{f11} \sim n_{f12}$ (-)	n_{f21} (-)
■	■	■	■	■	■	■

表-100 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の機器要目 (3/3)

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	■	■	■	■

c. 評価結果

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果を表-101 に示す。

表-101 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	■	引張	$\sigma_b = \text{■}$	$f_{ts} = \text{■}$
		せん断	$\tau_b = \text{■}$	$f_{sb} = \text{■}$

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

2.7 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット（C、D）（耐震B⁺クラス）

2.7.1 一般事項

本基本方針は、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット（C、D）（耐震 B⁺クラス）の耐震性についての計算方法を示す。

(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とし、「設計・建設規格」を適用する。

(2) 計算条件

- セル・グローブボックス用排気フィルタユニット（C、D）の耐震評価は、基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。概略図を図-78 に示す。
- 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に、評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- 耐震計算モデルは 1 質点系とし、セル・グローブボックス用排気フィルタユニット（C、D）及び内容物の質量は重心に集中され、重心位置に地震荷重が作用する。
- 基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

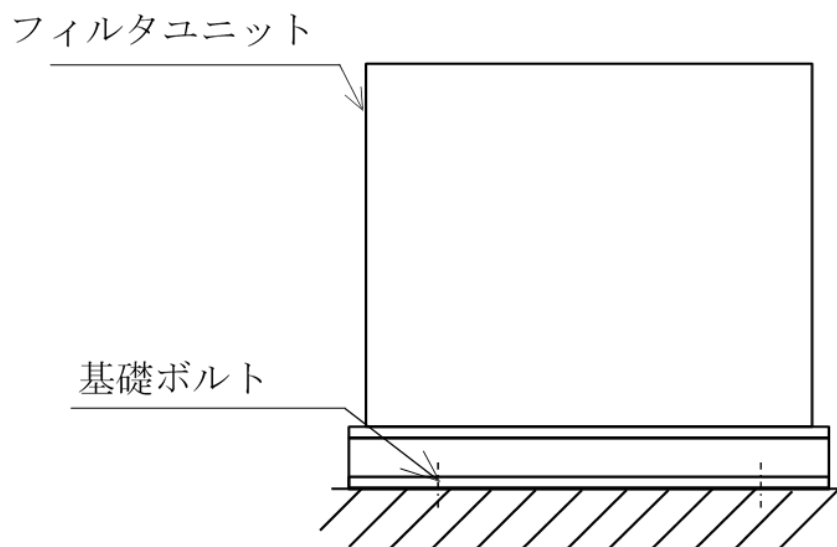


図-78 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット（C、D）の概略図

(3) 記号の説明

記号の説明を表－102 に示す。

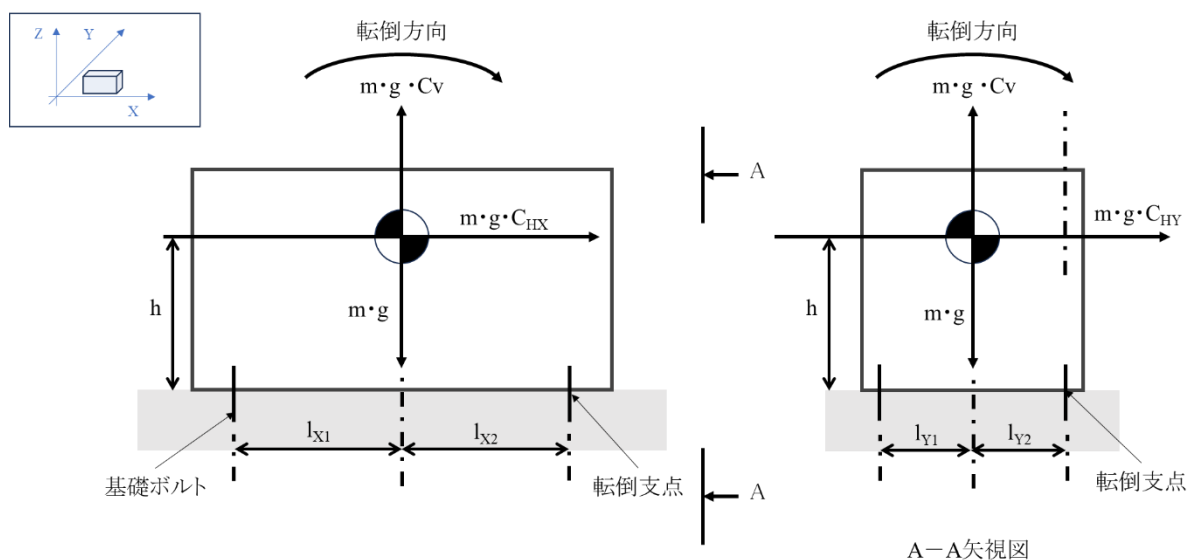
表－102 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	基準強度	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
F_{b1}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{b2}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
F_{b3X}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{b3Y}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
F_{bG1}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{bG2}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_{X1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	mm
l_{X2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	mm
l_{Y1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	mm
l_{Y2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	mm
m	機器の質量	kg
n	せん断力が作用する基礎ボルトの本数	—
n_{fX}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 X 方向）	—
n_{fY}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 Y 方向）	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.7.2 計算方法

(1) 基礎ボルトの応力計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による引張応力とせん断応力について計算する。応力評価モデルを図－79に示す。



図－79 応力評価モデル

a. 引張応力

基礎ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{b1} （水平X方向）、 F_{b2} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{b3X} （水平X方向）、 F_{b3Y} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。

さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として F_{bG1} 及び F_{bG2} を計算する。

水平X方向地震力により生じる引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HX} \cdot h}{n_{fX} \cdot (l_{X1} + l_{X2})}$$

水平Y方向地震力により生じる引張力

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HY} \cdot h}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

鉛直地震力（Z方向）の地震力により生じる引張力

$$F_{b3X} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{X1}}{n_{fX} \cdot (l_{X1} + l_{X2})}$$

$$F_{b3Y} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{Y1}}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

自重により生じる引張力

$$F_{bG1} = \frac{m \cdot g \cdot l_{x1}}{n_{fX}(l_{x1} + l_{x2})}$$

$$F_{bG2} = \frac{m \cdot g \cdot l_{y1}}{n_{fY}(l_{y1} + l_{y2})}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$F_b = \max(1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3Y} - F_{bG2})$$

引張応力 σ_b は次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. セン断応力

基礎ボルトに作用するせん断荷重は、基礎ボルトに均等に荷重が作用するものとし、ボルトのせん断力 Q_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_b = \max(m \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, \quad m \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_b は次式により求める。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

(2) 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3132」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また，引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い，評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

2.7.3 評価結果

(1) セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D)

a. 評価条件

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の評価条件を表-103 に示す。

表-103 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
セル・ グローブボックス 用排気フィルタ ユニット (C, D)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 地下1階	$C_{HX}=0.48$ $C_{HY}=0.48$	$C_V=0.47$	60

b. 機器要目

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の機器要目を表-104～106 に示す。

表-104 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の機器要目 (1/3)

h (mm)	m (kg)	A_b (mm ²)	n (-)
■	■	■	■

表-105 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の機器要目 (2/3)

l_{X1} (mm)	l_{X2} (mm)	l_{Y1} (mm)	l_{Y2} (mm)	n_{fX} (-)	n_{fY} (-)
■	■	■	■	■	■

表-106 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の機器要目 (3/3)

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	■	■	■	■

c. 評価結果

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の応力評価結果を表-107 に示す。

表-107 セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	■	引張	$\sigma_b=■$	$f_{tS}=■$
		せん断	$\tau_b=■$	$f_{sb}=■$

セル・グローブボックス用排気フィルタユニット (C, D) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

2.8 コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B) (耐震B⁺クラス)

2.8.1 一般事項

本基本方針は、コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B) (耐震B⁺クラス) の耐震性についての計算方法を示す。

(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とし、「設計・建設規格」を適用する。

(2) 計算条件

- a. コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B)の耐震評価は、基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。
- b. コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B)の概略図を図-80 に示し、コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B)の評価モデルは、図-81 に示す3次元FEM モデルを用いる。
- c. モデル化にあたっては、コンクリートセル用給気フィルタユニットAとBを上下に連結し、コンクリートセル用給気フィルタユニットA下面は床面に、コンクリートセル用給気フィルタユニットB の上面は壁面に固定された状態としてモデル化した。
- d. 解析モデルの質量は、部材質量にフィルタ等の質量を加算した全質量とした。
- e. 拘束条件は、床面及び壁面のボルト固定点をピン拘束(並進3方向固定)とした。
- f. 固有値解析を実施して剛であることを確認し、1/2Ss450 による静的解析を実施する。
- g. 地震力の組合せは、1/2Ss450 に対して水平2方向の地震動と鉛直方向の地震動とする。
- h. 地震力の組合せは、X, Y, Z方向の3方向に対して、それぞれ正又は負方向により8 (=2×2×2)通りであり、それら进行评估する。
- i. 解析コードは、「MSC Nastran」を使用した。
- j. 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に、評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は、比例法を用いて計算する。
ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- k. 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。

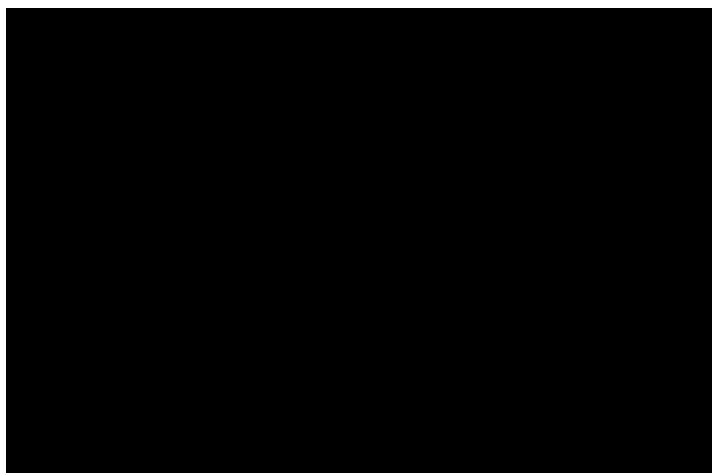
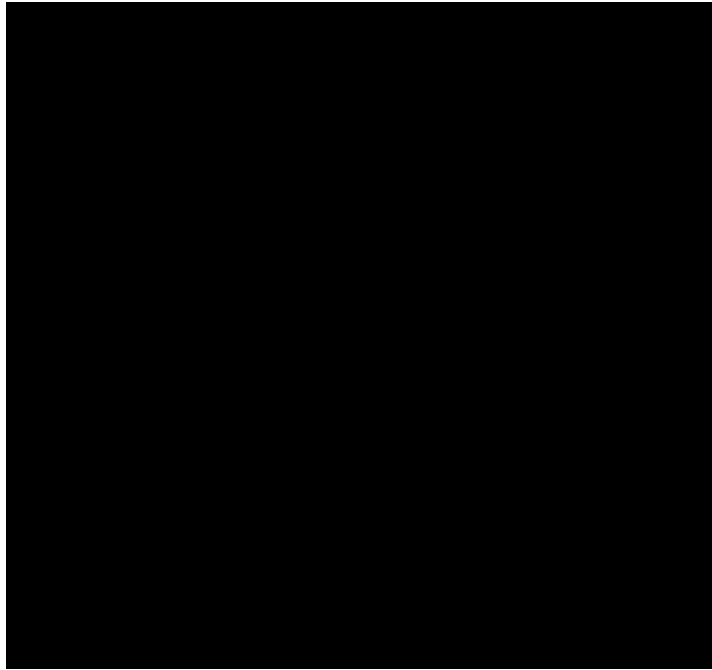


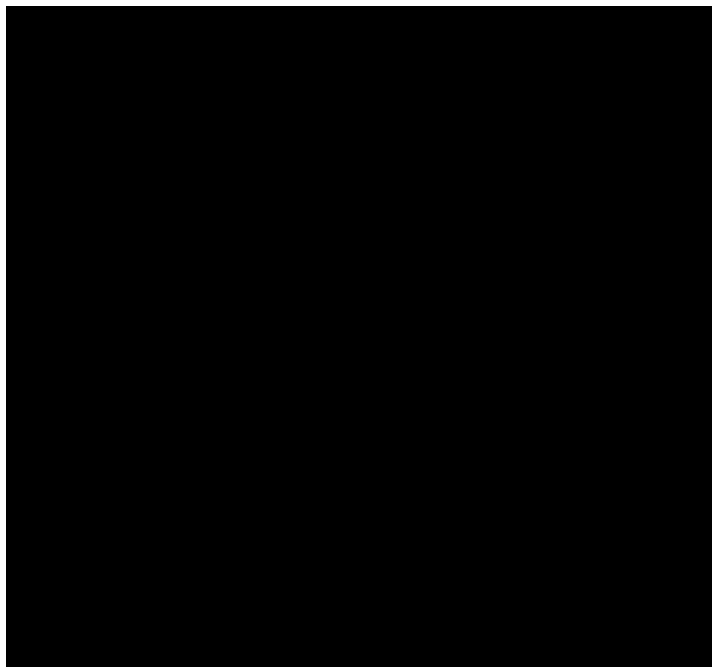
図-80 コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の概略図



図－81 コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B)の3次元FEMモデル

2.8.2 固有値解析結果

図－82 に示すコンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B)の固有値解析モデルで固有周期を解析した結果, 固有周期は1次振動モードで■■■■■となった。固有周期は■■■■■であることから, コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B)は剛構造であることを確認した。



図－82 コンクリートセル用給気フィルタユニット(A, B)の1次振動モード

2.8.3 応力評価

(1) 記号の説明

記号の説明を表－108 に示す。

表－108 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_{HX}	水平方向設計震度（水平 X 方向）	—
C_{HY}	水平方向設計震度（水平 Y 方向）	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	—
F	基準強度	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

(2) 計算方法

a. 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3132」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い、評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

2.8.4 評価結果

(1) コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B)

a. 評価条件

コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価条件を表-109 に示す。また、コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の最大応力発生箇所を図-83 に示す。

表-109 コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
コンクリートセル用 給気フィルタ ユニット (A, B)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 2階	$C_{HX}=0.93$ $C_{HY}=0.93$	$C_V=0.48$	60

b. 機器要目

コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の機器要目を表-110 に示す。

表-110 コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の機器要目

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SS400	227	389	227

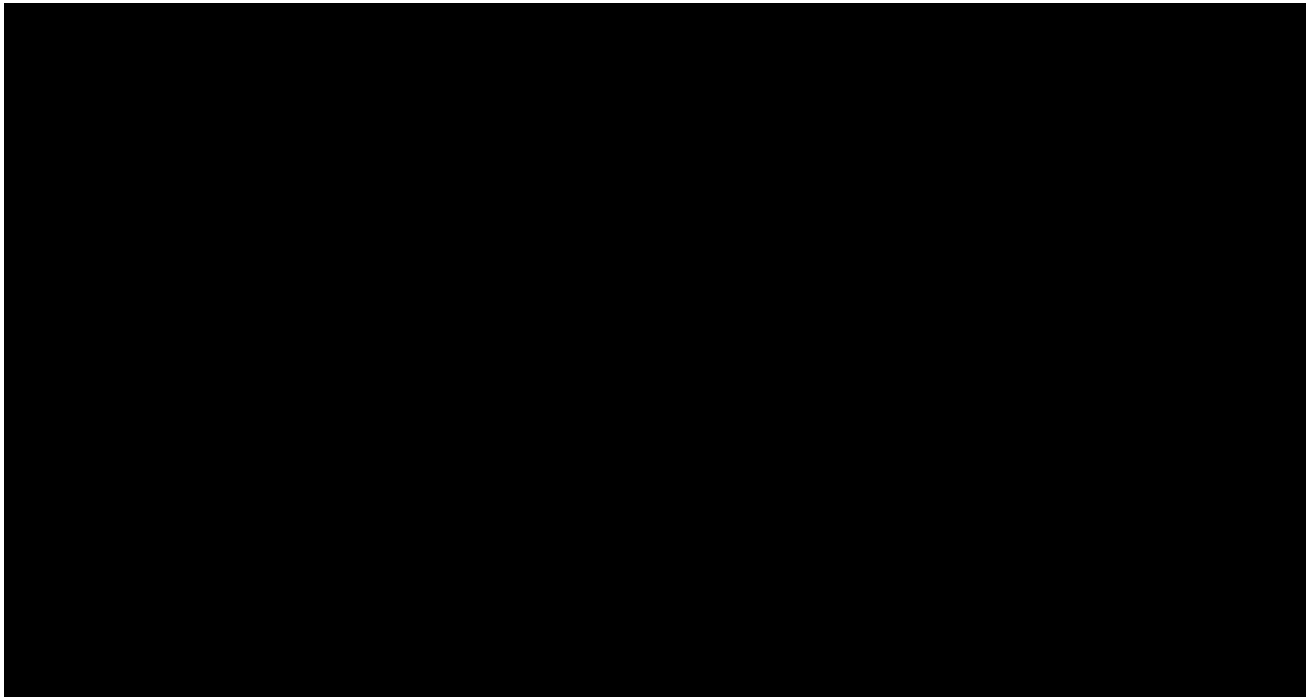
c. 評価結果

コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果を表-111 に示す。

表-111 コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SS400	引張	$\sigma_b=83$	$f_{ts}=130$
		せん断	$\tau_b=69$	$f_s=131$

コンクリートセル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。



図－83 コンクリートセル用給気フィルタユニット（A，B）の最大応力発生箇所

2.9 鉄セル用給気フィルタユニット（A，B，C，D）（耐震B⁺クラス）

2.9.1 一般事項

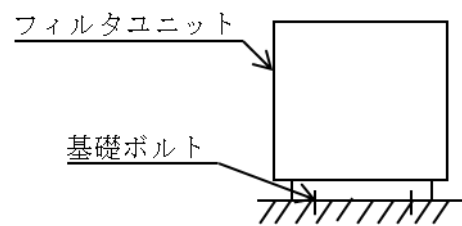
本基本方針は，鉄セル用給気フィルタユニット（A，B，C，D）（耐震B⁺クラス）の耐震性について計算方法を示す。

(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は，「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とし，「設計・建設規格」を適用する。

(2) 計算条件

- a. 鉄セル用給気フィルタユニット（A，B，C，D）の耐震評価は，基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。概略図を図－84 に示す。
- b. 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に，評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は，比例法を用いて計算する。ただし，比例法を用いる場合の端数処理は，小数第1位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- d. 耐震計算モデルは1質点系とし，鉄セル用給気フィルタユニット（A，B，C，D）及び内容物の質量は重心に集中され，重心位置に地震荷重が作用する。
- e. 基礎ボルトに対する引張力は，片側の列のボルトを支点とする転倒を考え，これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- f. 基礎ボルトに対するせん断力は，基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。



図－84 鉄セル用給気フィルタユニット（A, B, C, D）の概略図

(3) 記号の説明

記号の説明を表－112 に示す。

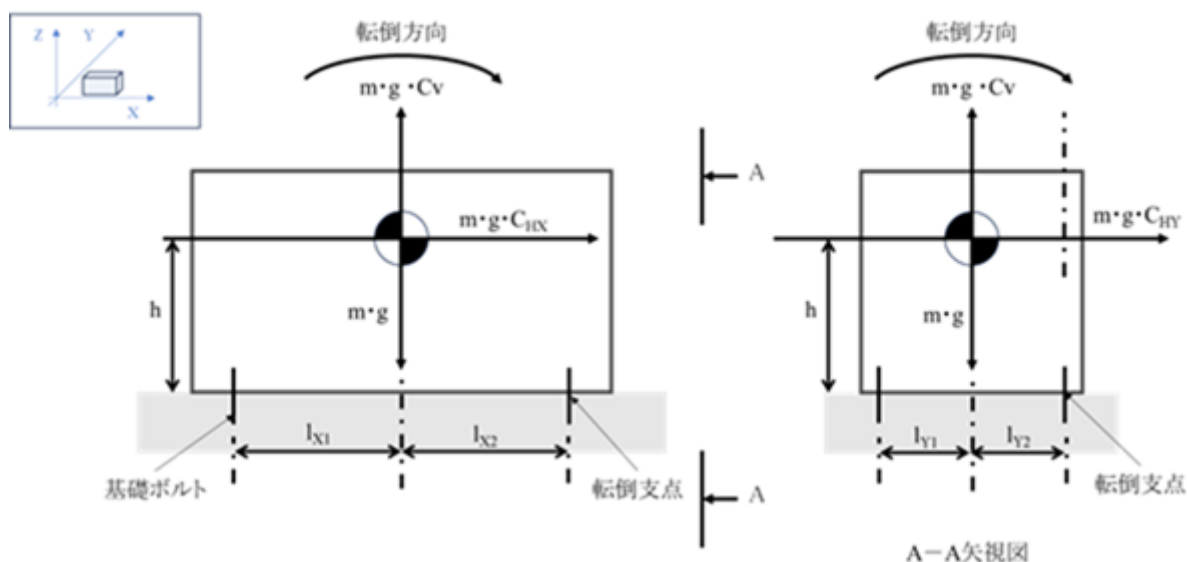
表－112 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	基準強度	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
F_{b1}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{b2}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
F_{b3X}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{b3Y}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
F_{bG1}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{bG2}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_{X1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	mm
l_{X2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	mm
l_{Y1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	mm
l_{Y2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	mm
m	機器の質量	kg
n	せん断力が作用する基礎ボルトの本数	—
n_{fX}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 X 方向）	—
n_{fY}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 Y 方向）	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.9.2 計算方法

(1) 基礎ボルトの応力計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による引張応力とせん断応力について計算する。応力評価モデルを図－85に示す。



図－85 応力評価モデル

a. 引張応力

ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{b1} （水平X方向）、 F_{b2} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{b3X} （水平X方向）、 F_{b3Y} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。

さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として計算する。

水平X方向地震力により生じる引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HX} \cdot h}{n_{fX} \cdot (l_{X1} + l_{X2})}$$

水平Y方向地震力により生じる引張力

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HY} \cdot h}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

鉛直地震力（Z方向）の地震力により生じる引張力

$$F_{b3X} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{X1}}{n_{fX} \cdot (l_{X1} + l_{X2})}$$

$$F_{b3Y} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{Y1}}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

自重により生じる引張力

$$F_{bG1} = \frac{m \cdot g \cdot l_{X1}}{n_{fX}(l_{X1} + l_{X2})}$$

$$F_{bG2} = \frac{m \cdot g \cdot l_{Y1}}{n_{fY}(l_{Y1} + l_{Y2})}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$F_b = \max(1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3Y} - F_{bG2})$$

引張応力 σ_b は次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. セン断応力

基礎ボルトに作用するせん断荷重は、基礎ボルトに均等に荷重が作用するものとし、ボルトのせん断力 Q_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_b = \max(m \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, \quad m \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_b は次式により求める。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

(2) 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3132」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また，引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1 (1)」に従い，評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

2.9.3 評価結果

(1) 鉄セル用給気フィルタユニット (A, B)

a. 評価条件

鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価条件を表-113 に示す。

表-113 鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
鉄セル用給気 フィルタユニット (A, B)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階歩廊*	$C_{HX}=0.93$ $C_{HY}=0.93$	$C_V=0.48$	60

*：鉄セル上部(2階)に設置する。

b. 機器要目

鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の機器要目を表-114～116 に示す。

表-114 鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の機器要目 (1/3)

h (mm)	m (kg)	A_b (mm ²)	n (-)
284	67	113.1	4

表-115 鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の機器要目 (2/3)

l_{X1} (mm)	l_{X2} (mm)	l_{Y1} (mm)	l_{Y1} (mm)	n_{fX} (-)	n_{fY} (-)
57	103	144	146	2	2

表-116 鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の機器要目 (3/3)

部材	材料	S_y (MPa)	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SUS316	194	205	502	205

c. 評価結果

鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果を表-117 に示す。

表-117 鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=6$	$f_{ts}=153$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=118$

鉄セル用給気フィルタユニット (A, B) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

(2) 鉄セル用給気フィルタユニット (C, D)

a. 評価条件

鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の応力評価条件を表-118 に示す。

表-118 鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
鉄セル用給気 フィルタユニット (C, D)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階歩廊*	$C_{HX}=0.93$ $C_{HY}=0.93$	$C_V=0.48$	60

*：鉄セル上部(2階)に設置する。

b. 機器要目

鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の機器要目を表-119～121 に示す。

表-119 鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の機器要目 (1/3)

h (mm)	m (kg)	A_b (mm ²)	n (-)
236	65	113.1	4

表-120 鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の機器要目 (2/3)

l_{X1} (mm)	l_{X2} (mm)	l_{Y1} (mm)	l_{Y2} (mm)	n_{fX} (-)	n_{fY} (-)
67	93	74	76	2	2

表-121 鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の機器要目 (3/3)

部材	材料	S_y (MPa)	$S_y(RT)$ (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SUS316	194	205	502	205

c. 評価結果

鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の応力評価結果を表-122 に示す。

表-122 鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=153$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=118$

鉄セル用給気フィルタユニット (C, D) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

2.10 グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F, G, H) (耐震 B⁺クラス)

2.10.1 一般事項

本基本方針は、グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F, G, H) (耐震 B⁺クラス) の耐震性について計算方法を示す。

(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とし、「設計・建設規格」を適用する。

(2) 計算条件

- グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F, G, H) の耐震評価は、基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。概略図を図-86 に示す。
- 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に、評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第 1 位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- 耐震計算モデルは 1 質点系とし、グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F, G, H) の重心位置に地震荷重が作用する。
- 基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

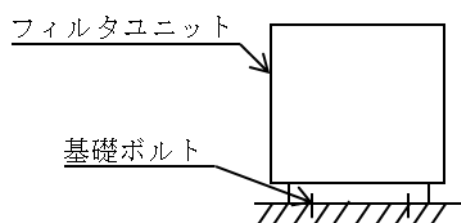


図-86 グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F, G, H) の概略図

(3) 記号の説明

記号の説明を表－123 に示す。

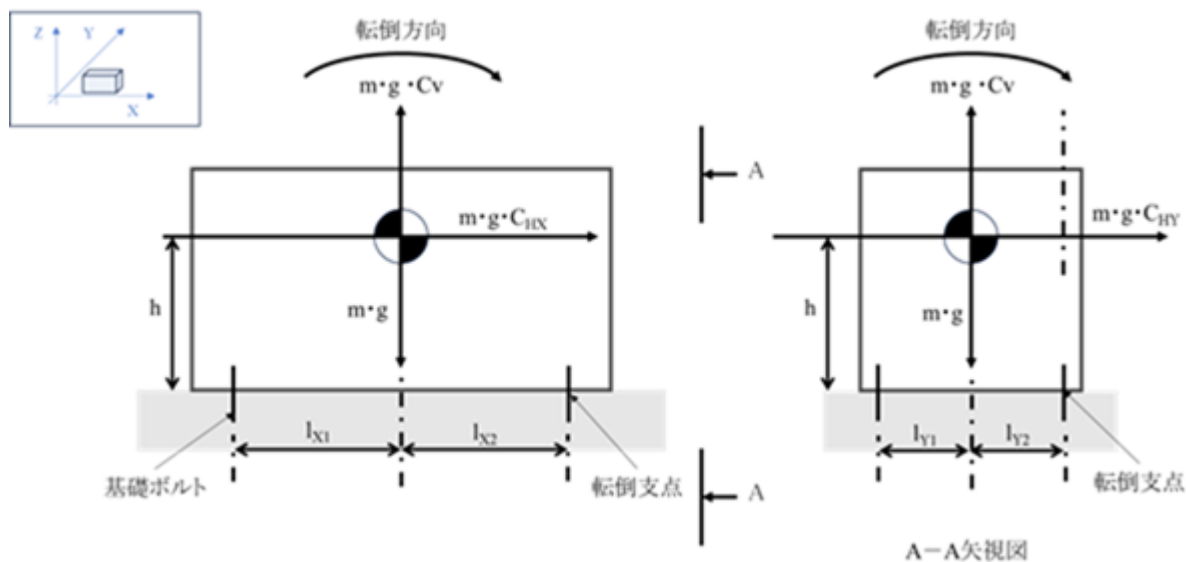
表－123 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_b	基礎ボルトの断面積	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	—
d	基礎ボルトの呼び径	mm
F	基準強度	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	N
F_{b1}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{b2}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
F_{b3X}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{b3Y}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
F_{bG1}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（水平 X 方向）	N
F_{bG2}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（水平 Y 方向）	N
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	mm
l_{X1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	mm
l_{X2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	mm
l_{Y1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	mm
l_{Y2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	mm
m	機器の質量	kg
n	せん断力が作用する基礎ボルトの本数	—
n_{fX}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 X 方向）	—
n_{fY}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 Y 方向）	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	N
π	円周率	—
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

2.10.2 計算方法

(1) 基礎ボルトの応力計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による引張応力とせん断応力について計算する。応力評価モデルを図－87に示す。



図－87 応力評価モデル

a. 引張応力

ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{b1} （水平X方向）、 F_{b2} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{b3X} （水平X方向）、 F_{b3Y} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。

さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として計算する。

水平X方向地震力により生じる引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HX} \cdot h}{n_{fX} \cdot (l_{X1} + l_{X2})}$$

水平Y方向地震力により生じる引張力

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HY} \cdot h}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

鉛直地震力（Z方向）の地震力により生じる引張力

$$F_{b3X} = \frac{m \cdot g \cdot C_v \cdot l_{X1}}{n_{fX} \cdot (l_{X1} + l_{X2})}$$

$$F_{b3Y} = \frac{m \cdot g \cdot C_v \cdot l_{Y1}}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

自重により生じる引張力

$$F_{bG1} = \frac{m \cdot g \cdot l_{X1}}{n_{fX}(l_{X1} + l_{X2})}$$

$$F_{bG2} = \frac{m \cdot g \cdot l_{Y1}}{n_{fY}(l_{Y1} + l_{Y2})}$$

基礎ボルトに作用する引張力 F_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$F_b = \max(1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 1.0F_{b1} + 0.4F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2}, \\ 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 0.4F_{b2} + 1.0F_{b3Y} - F_{bG2})$$

引張応力 σ_b は次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

b. セン断力応力

基礎ボルトに作用するせん断荷重は、基礎ボルトに均等に荷重が作用するものとし、ボルトのせん断力 Q_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_b = \max(m \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, \quad m \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_b は次式により求める。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

(2) 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3132」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1 (1)」に従い、評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

2.10.3 評価結果

(1) グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F)

a. 評価条件

グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の評価条件を表-124 に示す。

表-124 グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
グローブボックス用 給気フィルタ ユニット (A, B, C, D, E, F)	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階歩廊*	$C_{HX}=0.93$ $C_{HY}=0.93$	$C_V=0.48$	60

*：グローブボックス上部（2階）に設置する。

b. 機器要目

グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の機器要目を表-125～127 に示す。

表-125 グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の機器要目 (1/3)

h (mm)	m (kg)	A_b (mm ²)	n (—)
235	65	113.1	4

表-126 グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の機器要目 (2/3)

l_{X1} (mm)	l_{X2} (mm)	l_{Y1} (mm)	l_{Y2} (mm)	n_{fX} (—)	n_{fY} (—)
63	97	74	76	2	2

表-127 グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の機器要目 (3/3)

部材	材料	S_y (MPa)	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SUS316	194	205	502	205

c. 評価結果

グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の応力評価結果を表-128 に示す。

表-128 グローブボックス用給気フィルタユニット (A, B, C, D, E, F) の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=153$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=118$

グローブボックス用給気フィルタユニット（A, B, C, D, E, F）の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

(2) グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）

a. 評価条件

グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の評価条件を表－129 に示す。

表－129 グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
グローブボックス用 給気フィルタ ユニット（G, H）	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階歩廊*	$C_{HX}=0.93$ $C_{HY}=0.93$	$C_V=0.48$	60

*：グローブボックス上部（2階）に設置する。

b. 機器要目

グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の機器要目を表－130～132 に示す。

表－130 グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の機器要目（1/3）

h (mm)	m (kg)	A_b (mm ²)	n (－)
236	65	113.1	4

表－131 グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の機器要目（2/3）

l_{X1} (mm)	l_{X2} (mm)	l_{Y1} (mm)	l_{Y2} (mm)	n_{fX} (－)	n_{fY} (－)
67	93	74	76	2	2

表－132 グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の機器要目（3/3）

部材	材料	S_y (MPa)	S_y (RT) (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SUS316	194	205	502	205

c. 評価結果

グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の応力評価結果を表－133 に示す。

表－133 グローブボックス用給気フィルタユニット（G, H）の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SUS316	引張	$\sigma_b=5$	$f_{ts}=153$
		せん断	$\tau_b=2$	$f_{sb}=118$

グローブボックス用給気フィルタユニット (G, H) の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。

2.11 排気管（鋼管）（耐震 S クラス及び B⁺クラス）

2.11.1 一般事項

本基本方針は、主要排気管（耐震 S クラス*¹ 及び B⁺クラス）の耐震性についての計算方法を示す。

*1：以後、コンクリートセル排気管（鋼管）という。

(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」及び「機械工学便覧 A4-29」を参考とする。

(2) 計算条件

- 鋼管の計算モデルは、図-88 に示す配管軸直角 2 方向拘束サポートにて支持される両端単純支持はりとする。
- 鋼管の重量は、フランジ重量も含めて等分布荷重として扱う。
- 鋼管については、固有周期を [REDACTED] とした場合の支持間隔から発生応力を計算し、許容応力と比較する。

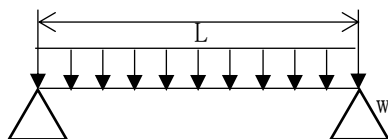


図-88 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

2.11.2 コンクリートセル排気管（鋼管）

2.11.2.1 コンクリートセル排気管（鋼管）の支持間隔

コンクリートセル排気管（鋼管）は耐震 S クラスであり、固有周期 [REDACTED] とし、固有周期によって定まる支持間隔を算出する。この支持間隔について、地震動に対する発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

コンクリートセル排気管（鋼管）の支持間隔は下式にて計算する。記号の説明を表-134 に示す。

$$L = \sqrt{\frac{\pi \cdot f d}{2}} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 1000}{w}}$$

表－134 記号の説明

記号	記号の説明	単位
L	支持間隔	mm
fd	固有周期	s
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
w	コンクリートセル排気管（鋼管）の単位長さ当たりの質量	kg/mm
π	円周率	—

コンクリートセル排気管（鋼管）について、各種条件及び支持間隔の計算結果を表－135 に示す。

表－135 コンクリートセル排気管（鋼管）の各種条件及び支持間隔の計算結果

配管分類	コンクリートセル排気管（鋼管）			
耐震クラス	S クラス			
設計温度（℃）	60			
コンクリートセル	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
配管材料	■■■■■			
配管口径	■■■	■■■	■■■	■■■
Sch	■■■			
設計圧力（MPa）	■■■■■			
配管支持間隔（m）	■■■	■■■	■■■	■■■

2.11.2.2 コンクリートセル排気管（鋼管）の応力評価

コンクリートセル排気管（鋼管）は、クラス 4 配管の規定を適用する「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に応力算定式については下式で表される。記号の説明を表－136 に示す。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

$$M_a : \text{自重によるモーメント} \quad M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

$$M_b : \text{地震によるモーメント} \quad M_b = \frac{\sqrt{C_{HX}^2 + C_{HY}^2 + C_V^2} \cdot w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

表－136 記号の説明

記号	記号の説明	単位
S	発生応力	MPa
P	設計圧力	MPa
D ₀	外径	mm
t	板厚	mm
Z	断面係数	mm ³
C _{HX}	水平震度 (X 方向)	—
C _{HY}	水平震度 (Y 方向)	—
C _V	鉛直震度 (Z 方向)	—
L	支持間隔	mm
w	コンクリートセル排気管(鋼管)の単位長さ当たりの質量	kg/mm
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²

コンクリートセル排気管（鋼管）の応力評価結果を表－137 に示す。応力評価の結果，コンクリートセル排気管（鋼管）は十分な強度を有していることを確認した。

表－137 コンクリートセル排気管（鋼管）の応力評価結果

配管分類	コンクリートセル排気管（鋼管）			
コンクリートセル	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
配管材料	■■■■			
配管口径	■■	■■	■■	■■
Sch	■■			
設計圧力 (MPa)	■■■■			
内圧，自重，地震による発生応力 (MPa)	■■	■■	■■	■■
供用状態 Cs における一次応力許容値 (MPa)	■■■■*			

* 許容応力 S_y は溶接に対する低減係数 0.8 を乗じた値とする。

以上より，コンクリートセル排気管（鋼管）の支持間隔は，表－135 に示す配管支持間隔以下とする。

2. 11. 3 B⁺クラス主要排気管（鋼管）

2. 11. 3. 1 B⁺クラス主要排気管（鋼管）の支持間隔

対象の主要排気管（鋼管）はB⁺クラスであり、固有周期[]とし、固有周期によって定まる支持間隔を算出する。この支持間隔について、地震動に対する発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

主要排気管（鋼管）支持間隔は下式にて計算する。記号の説明を表－138 に示す。

$$L = \sqrt{\frac{\pi \cdot f_d}{2}} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 1000}{w}}$$

表－138 記号の説明

記号	記号の説明	単位
L	支持間隔	mm
f _d	固有周期	s
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
w	主要排気管（鋼管）の単位長さ当たりの質量	kg/mm
π	円周率	—

当該設備における主要排気管（鋼管）について、各種条件及び支持間隔の計算結果を表－139 に示す。

表－139 主要排気管（鋼管）の各種条件及び支持間隔の計算結果

配管分類	主要排気管（鋼管）								
耐震クラス	B ⁺ クラス								
設計温度（℃）	60								
配管材料	SUS316L							SUS304	
配管口径	φ100	φ150	φ200	φ250	φ300	φ350	φ400	φ450	φ500
Sch	10	10	10	10	10	10	10		
	40	40							
設計圧力（MPa）	0.1								
配管支持間隔 （m）	3	3 4	3	3	3	3	3	3	3

2. 11. 3. 2 B⁺クラス主要排気管（鋼管）の応力評価

対象の主要排気管（鋼管）は、クラス 4 配管の規定を適用する。「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に応力算定式については下式で表される。記号の説明を表－140 に示す。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

$$M_a : \text{自重によるモーメント} \quad M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

$$M_b : \text{地震によるモーメント} \quad M_b = \frac{\sqrt{C_{HX}^2 + C_{HY}^2 + C_V^2} \cdot w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

表－140 記号の説明

記号	記号の説明	単位
S	発生応力	MPa
P	設計圧力	MPa
D ₀	外径	mm
t	板厚	mm
Z	断面係数	mm ³
C _{HX}	水平震度（X 方向）	—
C _{HY}	水平震度（Y 方向）	—
C _V	鉛直震度（Z 方向）	—
L	支持間隔	mm
w	主要排気管（鋼管）の単位長さ当たりの質量	kg/mm
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²

主要排気管（鋼管）の応力評価結果を表－141 に示す。応力評価の結果、主要排気管（鋼管）は十分な強度を有していることを確認した。

表-141 主要排気管（鋼管）の応力評価結果

配管分類	主要排気管（鋼管）									
配管材料										
配管口径										
Sch										
設計圧力（MPa）										
内圧，自重，地震による発生応力 （MPa）										
供用状態 Cs における一次応力 許容値（MPa）	* *									

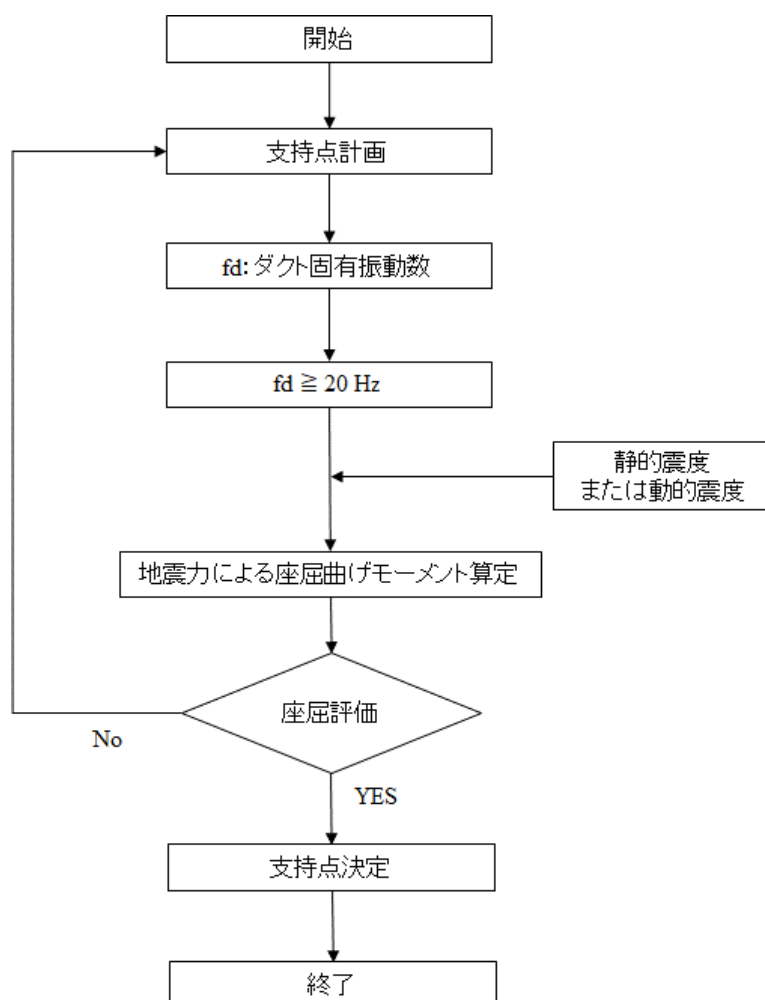
* 許容応力 S_y は溶接に対する低減係数 0.8 を乗じた値とする。

以上より，主要排気管（鋼管）の支持間隔は，表-139 に示す配管支持間隔以下とする。

2.12 主要排気管（ダクト）の支持間隔（耐震 B⁺クラス）

2.12.1 一般事項

本基本方針は、主要排気管（ダクト）（耐震 B⁺クラス）の耐震性について、図－89 に示すダクトの耐震設計フローに従って支持間隔を算定する。



図－89 ダクトの耐震設計フロー

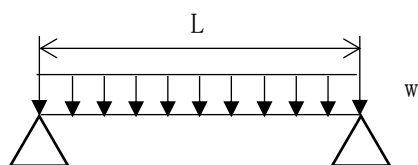
(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」，「機械工学便覧 A4-29」及び「共同研究報告書 機器配管系の合理的な耐震設計手法の確立に関する研究」を参考とする。

(2) 計算条件

- a. ダクトの直管部の支持間隔は、2.12.2 項に示すダクト本体の強度に基づく計算式によって求める値に、支持構造物の強度を考慮して決定する。

- b. ダクトの計算モデルは、図－90 に示す両端単純支持はりとする。
- c. ダクトの重量は、フランジ重量も含めて等分布荷重として扱う。
- d. 主要なダクトは矩形断面の薄板構造である。このダクトの耐震支持間隔は、ダクトが薄板構造であることを考慮した剛性評価及び座屈強度に基づき定める。
- e. 丸ダクトについては、矩形ダクトと比べ十分な剛性を有していることから評価は矩形ダクトで実施する。
- f. 許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔については、「水平地震力のみ」、「自重及び鉛直地震力」及び「水平地震力と自重及び鉛直地震力の組合せ」の3パターンを評価の上、最も支持間隔が短くなるケースの評価結果を記載する。
- g. 「水平地震力と自重及び鉛直地震力の組合せ」について、ダクトの軸方向の剛性は非常に高いため、軸方向の地震力の影響は軽微として考慮せず、軸直角方向の地震力のみ考慮した評価とする。



図－90 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

2.12.2 B⁺クラス 主要排気管（ダクト）の支持間隔

対象の主要排気管（ダクト）はB⁺クラスであり、(1) に示すダクト系の固有周期が[]として定まる支持間隔と(2) に示す地震時の座屈による大変形を防ぐためダクト系に生じる曲げモーメントを許容座屈曲げモーメント以下とする支持間隔のうち、いずれか小さい方の値以下として算定する。

(1) ダクト系の固有周期から定まる支持間隔

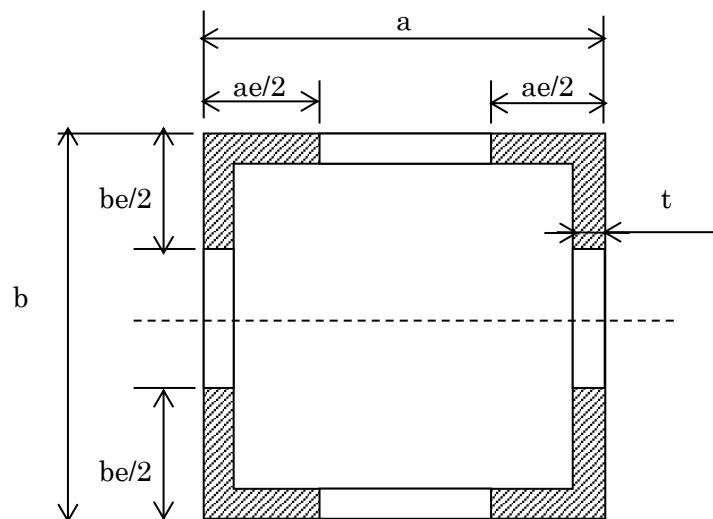
ダクト系の固有周期から定まる支持間隔は下式にて計算する。記号の説明を表－142 に示す。また、ダクト系モデル図を図－91 に示す。

$$L_{R1} = \sqrt{\frac{\pi \cdot f d}{2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 1000}{w}}}$$

$$I = \beta \cdot \left(\frac{t \cdot b e^3}{6} + a e \cdot t \cdot \frac{b e^2}{2} \right)$$

表－142 記号の説明

f_d	固有周期	s
π	円周率	—
L_{R1}	両端単純支持間隔	mm
E	縦弾性係数	N/mm^2
I	断面二次モーメント	mm^4
w	ダクト単位長さ質量	kg/mm
β	断面二次モーメントの安全係数	—
a	ダクト長辺寸法	mm
b	ダクト短辺寸法	mm
a_e	ダクトフランジの有効幅	mm
b_e	ダクトウェブの有効幅	mm
t	ダクト板厚	mm



図－91 ダクト系モデル図

(2) 許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔

許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔は下式にて計算する。記号の説明を表－143 に示す。

$$L_{R2} = \sqrt{\frac{8 \cdot M}{w \cdot g \cdot \alpha}}$$

$$M = S \cdot M_t$$

$$M_t = \lambda \cdot \frac{\pi \cdot t \cdot I}{\sqrt{1 - \nu^2} \cdot b^2} \cdot \sqrt{E \cdot \sigma_y} \cdot \gamma$$

$$I = \frac{t \cdot b^3}{6} + ae \cdot t \cdot \frac{b^2}{2}$$

$$\alpha = (1 + C_V) + C_H$$

表－143 記号の説明

記号	記号の説明	単位
L_{R2}	許容座屈曲げモーメントから定まる支持間隔	mm
M	許容座屈曲げモーメント	N・mm
w	ダクト単位長さ質量	kg/mm
g	重力加速度（=9.80665）	m/s ²
α	設計震度* ¹	—
S	許容座屈曲げモーメントの安全係数 XXXXXXXXXX * ²	—
C_H	水平震度	—
C_V	鉛直震度	—
M_t	座屈限界曲げモーメント	N・mm
λ	座屈限界曲げモーメントの補正係数	—
π	円周率	—
t	ダクト板厚	mm
b	ダクト短辺寸法	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
E	縦弾性係数	N/mm ²
ae	ダクトフランジの有効幅	mm
γ	座屈限界曲げモーメントの安全係数 XXXXXXXXXX	—
ν	ポアソン比（0.3）	—
σ_y	降伏点	N/mm ²

*1：2.12.1（2）g.に記載したとおり、「水平地震力と自重及び鉛直地震力の組合せ」については軸直角方向の地震力のみを考慮する。ダクトに作用する軸直角方向の組合せは図－92に示すとおり、①水平2方向地震力のみ、または②水平1方向地震力+鉛直地震力（自重含む。）の2ケースであるが、設計震度は②の方が大きくなることから、保守的な評価とするため②を設計震度とする。矩形ダクトの評価では、図－93に示したとおり、各軸にかかる応力が最大となる箇所が重複するため、各軸に作用する地震力を絶対和で合成する。

※2:「水平地震力のみ」及び「自重及び鉛直地震力」の評価はダクトに対して1方向の地震力による評価のため余裕値として安全係数 γ を見込むが,「水平地震力と自重及び鉛直地震力の組合せ」の評価はダクトに対して2方向の地震力による評価のため安全係数は γ とする。本評価では「水平地震力と自重及び鉛直地震力の組合せ」のケースが最も支持間隔が短くなるケースの評価結果となるため,安全係数は γ となる。

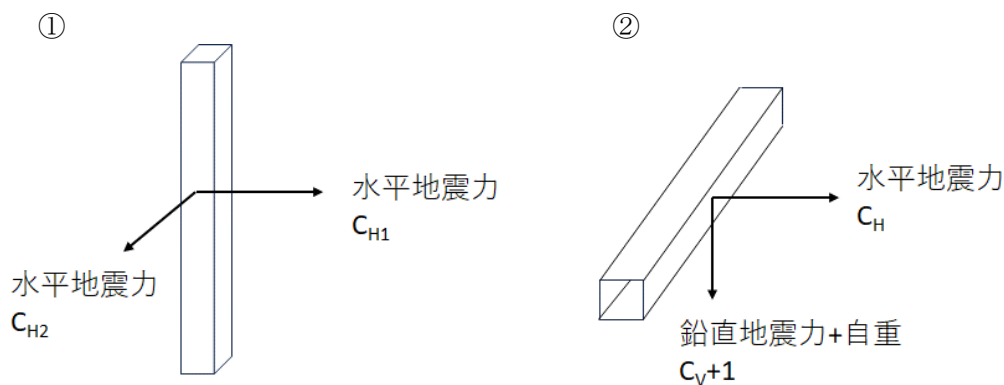


図-92 ダクトに作用する軸直角方向の組合せ

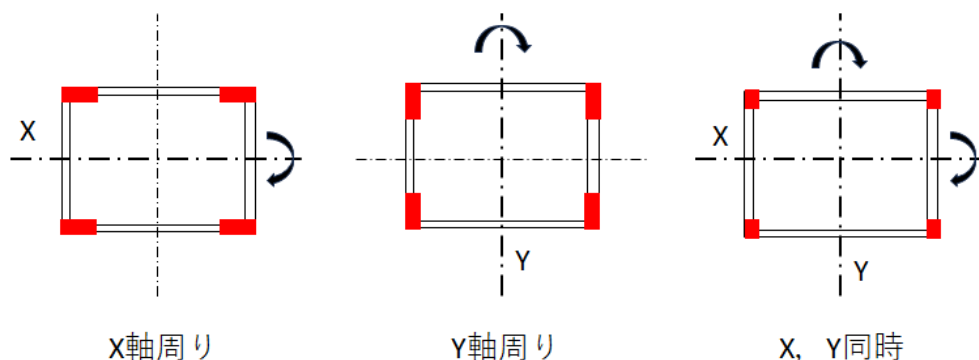


図-93 各軸にかかる応力が最大となる箇所の補足説明図

(3) 評価結果

当該設備における主要排気管(ダクト)について,各種条件及び支持間隔の計算結果を表-144に示す。

第2棟の主要排気管(ダクト)の支持間隔は,固有周期から定まる支持間隔以下とすることで,剛構造かつ1/2Ss450に対して耐震性を有するものとする。

表-144 主要排気管（ダクト）における各種条件及び支持間隔の計算結果

評価部材	主要排気管（ダクト）
耐震クラス	B ⁺ クラス
材料	■
設計温度 (°C)	60
寸法 (mm)	■
板厚 (mm)	■
(1) ダクト系の固有周期より 定まる支持間隔 (m)	■
(2) 許容座屈曲げモーメント から定まる支持間隔 (m)	■
耐震支持間隔 (=Min[(1), (2)]) (m)	■

2.13 給気管（鋼管）（耐震 S クラス及び B⁺クラス）

2.13.1 一般事項

本基本方針は、主要給気管（耐震 S クラス*¹ 及び耐震 B⁺クラス）の耐震性についての計算方法を示す。

*1：以後、コンクリートセル給気管（鋼管）という。

(1) 適用基準

本基本方針における計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」及び「機械工学便覧 A4-29」を参考とする。

(2) 計算条件

- 鋼管の計算モデルは、図-94 に示す配管軸直角 2 方向拘束サポートにて支持される両端単純支持はりとする。
- 鋼管の重量は、フランジ重量も含めて等分布荷重として扱う。
- 鋼管については、固有周期を■■■■とした場合の支持間隔から発生応力を計算し、許容応力と比較する。

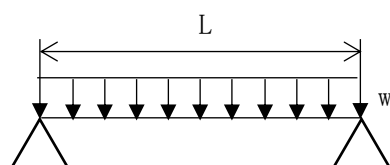


図-94 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

2.13.2 コンクリートセル給気管

2.13.2.1 コンクリートセル給気管の支持間隔

コンクリートセル給気管（鋼管）は耐震 S クラスであり、固有周期■■■■とし、固有周期によって定まる支持間隔を算出する。この支持間隔について、地震動に対する発生応力を算出し、許容応力以下であることを確認する。

コンクリートセル給気管（鋼管）の支持間隔は下式にて計算する。記号の説明を表-145 に示す。

$$L = \sqrt{\frac{\pi \cdot f d}{2}} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 1000}{w}}$$

表-145 記号の説明

記号	記号の説明	単位
L	支持間隔	mm
f d	固有周期	s
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
w	主要給気管（鋼管）の単位長さ当たりの質量	kg/mm
π	円周率	—

コンクリートセル給気管（鋼管）について、各種条件及び支持間隔の計算結果を表－146 に示す。

表－146 コンクリートセル給気管（鋼管）の各種条件及び支持間隔の計算結果

配管分類	コンクリートセル給気管（鋼管）			
耐震クラス	S クラス			
設計温度（℃）	60			
コンクリートセル	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
配管材料	SUS304TP			SUS304TPY
配管口径	250A	250A	250A	400A
Sch	10S			
設計圧力（MPa）	0.001			
配管支持間隔（m）	■	■	■	■

2.13.2.2 コンクリートセル給気管（鋼管）の応力評価

コンクリートセル給気管（鋼管）は、クラス4配管の規定を適用する。「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に応力算定式については下式で表される。記号の説明を表－147 に示す。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

$$M_a : \text{自重によるモーメント} \quad M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

$$M_b : \text{地震によるモーメント} \quad M_b = \frac{\sqrt{C_{HX}^2 + C_{HY}^2 + C_V^2} \cdot w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

表－147 記号の説明

記号	記号の説明	単位
S	発生応力	MPa
P	設計圧力	MPa
D ₀	外径	mm
t	板厚	mm
Z	断面係数	mm ³
C _{HX}	水平震度（X 方向）	—
C _{HY}	水平震度（Y 方向）	—
C _V	鉛直震度（Z 方向）	—
L	支持間隔	mm
w	コンクリートセル給気管（鋼管）の単位長さ当たりの質量	kg/mm
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s ²

コンクリートセル給気管（鋼管）の応力評価結果を表－148 に示す。応力評価の結果，コンクリートセル給気管（鋼管）は十分な強度を有していることを確認した。

表－148 コンクリートセル給気管（鋼管）の応力評価結果

コンクリートセル	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
配管材料	SUS304TP			SUS304TPY
配管口径	250A	250A	250A	400A
Sch	10S			
設計圧力 [MPa]	0.001			
内圧，自重，地震による発生応力 S [MPa]	20	20	20	20
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	$S_y = 153^*$			

* 許容応力 S_y は溶接に対する低減係数 0.8 を乗じた値とする。

以上より，コンクリートセル給気管（鋼管）の支持間隔は，表－146 に示す配管支持間隔以下とする。

2.13.3 B⁺クラス主要給気管（鋼管）

2.13.3.1 B⁺クラス主要給気管（鋼管）の支持間隔

対象の主要給気管（鋼管）は B⁺クラスであり，固有周期 XXXXXXXXXX とし，固有周期によって定まる支持間隔を算出する。この支持間隔について，地震動に対する発生応力を算出し，許容応力以下であることを確認する。

主要排気管（鋼管）支持間隔は下式にて計算する。記号の説明を表－149 に示す。

$$L = \sqrt{\frac{\pi \cdot f_d}{2}} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 1000}{w}}$$

表－149 記号の説明

記号	記号の説明	単位
L	支持間隔	mm
f_d	固有周期	s
E	縦弾性係数	N/mm ²
I	断面 2 次モーメント	mm ⁴
w	主要給気管（鋼管）の単位長さ当たりの質量	kg/mm
π	円周率	—

当該設備における主要給気管（鋼管）について、各種条件及び支持間隔の計算結果を表－150 に示す。

表－150 主要給気管（鋼管）の各種条件及び支持間隔の計算結果

配管分類	主要給気管（鋼管）					
耐震クラス	B ⁺ クラス					
設計温度（℃）	60					
配管材料	SUS304TP					SUS304TPY
配管口径	50A	80A	100A	250A	300A	400A
Sch	20S			10S		
設計圧力（MPa）	0.001			0.0005		
配管支持間隔（m）	■	■	■	■	■	■

2.13.3.2 B⁺クラス主要給気管（鋼管）の応力評価

対象の主要給気管（鋼管）は、クラス4配管の規定を適用する。「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に応力算定式については下式で表される。記号の説明を表－151 に示す。

$$S = \frac{PD_0}{4t} + \frac{M_a + M_b}{Z}$$

$$M_a : \text{自重によるモーメント} \quad M_a = \frac{w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

$$M_b : \text{地震によるモーメント} \quad M_b = \frac{\sqrt{C_{HX}^2 + C_{HY}^2 + C_V^2} \cdot w \cdot g \cdot L^2}{8} \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

表－151 記号の説明

記号	記号の説明	単位
S	発生応力	MPa
P	設計圧力	MPa
D ₀	外径	mm
t	板厚	mm
Z	断面係数	mm ³
C _{HX}	水平震度（X方向）	—
C _{HY}	水平震度（Y方向）	—
C _V	鉛直震度（Z方向）	—
L	支持間隔	mm
w	主要給気管（鋼管）の単位長さ当たりの質量	kg/mm
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s ²

主要給気管（鋼管）の応力評価結果を表－152 に示す。応力評価の結果，主要給気管（鋼管）は十分な強度を有していることを確認した。

表－152 主要給気管（鋼管）の応力評価結果

配管分類	主要給気管（鋼管）					
配管材料	SUS304TP					SUS304TPY
配管口径	50A	80A	100A	250A	300A	400A
Sch	20S			10S		
設計圧力（MPa）	0.001			0.0005		
内圧，自重，地震による発生 応力 （MPa）	14	14	14	13	13	13
供用状態 Cs における一次応力 許容値（MPa）	$S_y = 153^*$					

* 許容応力 S_y は溶接に対する低減係数 0.8 を乗じた値とする。

以上より，主要給気管（鋼管）の支持間隔は，表－150 に示す配管支持間隔以下とする。

建屋及び設備に対する波及的影響

構築物，系統及び機器の安全機能喪失による公衆被ばく影響を評価し，発生事故当たり 5mSv を超えるもの及び設計評価事故の評価において，公衆の被ばく線量が 5mSv を超えないよう影響を緩和する機能を有する設備としたものは，安全上重要な施設として選定している。安全上重要な施設の機能維持のために当該施設に対する波及的影響を確認する。また，B⁺クラスの建屋及び機器への波及的影響を評価する。

なお，B⁺クラス機器への波及的影響については，下位クラス機器は原則 B⁺クラス機器の直上に設置しないよう配置する，もしくは B⁺クラス機器の設計に用いる地震力に対して構造強度を保つことで波及的影響を及ぼさない設計とする。表-153 に波及的影響の整理を示す。

表－153 波及的影響の整理

設備名称	耐震クラス	波及的影響に関する要求事項	動的地震力			静的地震力	波及的影響に関する評価
			機能維持	弾性範囲	波及的影響		
鉄セル*	B ⁺	Ss900 に対して耐震性を有することで、固定ボルトの損傷等により転倒してコンクリートセル（耐震 S クラス）を破損させないこと。	1/2 Ss450	1/2 Sd225（共振時のみ）	Ss900	水平： 1.8Ci	別添 4－5 1. に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。
天井クレーン	C	Ss900 に対して耐震性を有することで、コンクリートセル（耐震 S クラス）の上部を走行している際、落下によりコンクリートセルを破損させないこと。	－	－	Ss900	水平： 1.0Ci	別添 4－5 2. に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。
トップローディングキャスク*	－	Ss900 に対して耐震性を有することで、トップローディングキャスクをコンクリートセルへ接続している際、接続部等の損傷により転倒してコンクリートセル（耐震 S クラス）を破損させないこと。	－	－	Ss900	－	別添 4－5 3. に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。
サイドローディングキャスク*	－	Ss900 に対して耐震性を有することで、サイドローディングキャスクをコンクリートセルへ接続している際、接続部等の損傷により転倒してコンクリートセル（耐震 S クラス）を破損させないこと。	－	－	Ss900	－	別添 4－5 4. に記載のとおり、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。

排気口	C	Ss900 に対して耐震性を有することで、屋上排気口脚部の損傷等による屋上排気口の転倒を防止し、建屋(耐震 B ⁺ クラス (Ss 機能維持)) を破損させないこと。	—	—	Ss900	水平 : 1.0Ci	別添 4-5 5. に記載のとおり、建屋へ波及的影響を及ぼさない。なお、コンクリートセル (耐震 S クラス) までの水平距離は約 17m あることから波及的影響を及ぼさない。
フード No. 1 *	C	1/2Ss450 に対して耐震性を有することで、固定ボルトの損傷等により転倒してグローブボックス (耐震 B ⁺ クラス) を破損させないこと。	—	—	1/2 Ss450	水平 : 1.2Ci	別添 4-5 6. に記載のとおり、フード No. 1 はグローブボックスへ波及的影響を及ぼさない。

* : 固有周期解析を行った結果、固有周期は [REDACTED] であり、剛構造 [REDACTED] であるため共振のおそれはない。

1. 鉄セルの Ss900 に対する耐震性

1.1 概要

耐震 B⁺クラスの鉄セルについて、コンクリートセルへの波及的影響評価のため、鉄セル全体の中で発生荷重が大きく、かつ断面積が小さいために発生応力が大きくなる基礎ボルトの Ss900 に対する耐震性を有することを確認した。

結果としては、Ss900 に対する耐震性を有することを確認したことから、鉄セルが耐震 S クラスのコンクリートセルへ波及的影響を与えることはない。

評価の方法については鉄セルの Ss900 に対する耐震性を確認するため、3 次元 FEM モデルを構築し、地震力は水平 2 方向及び鉛直 1 方向の組合せを考慮し、以下の項目・条件で評価を実施する。

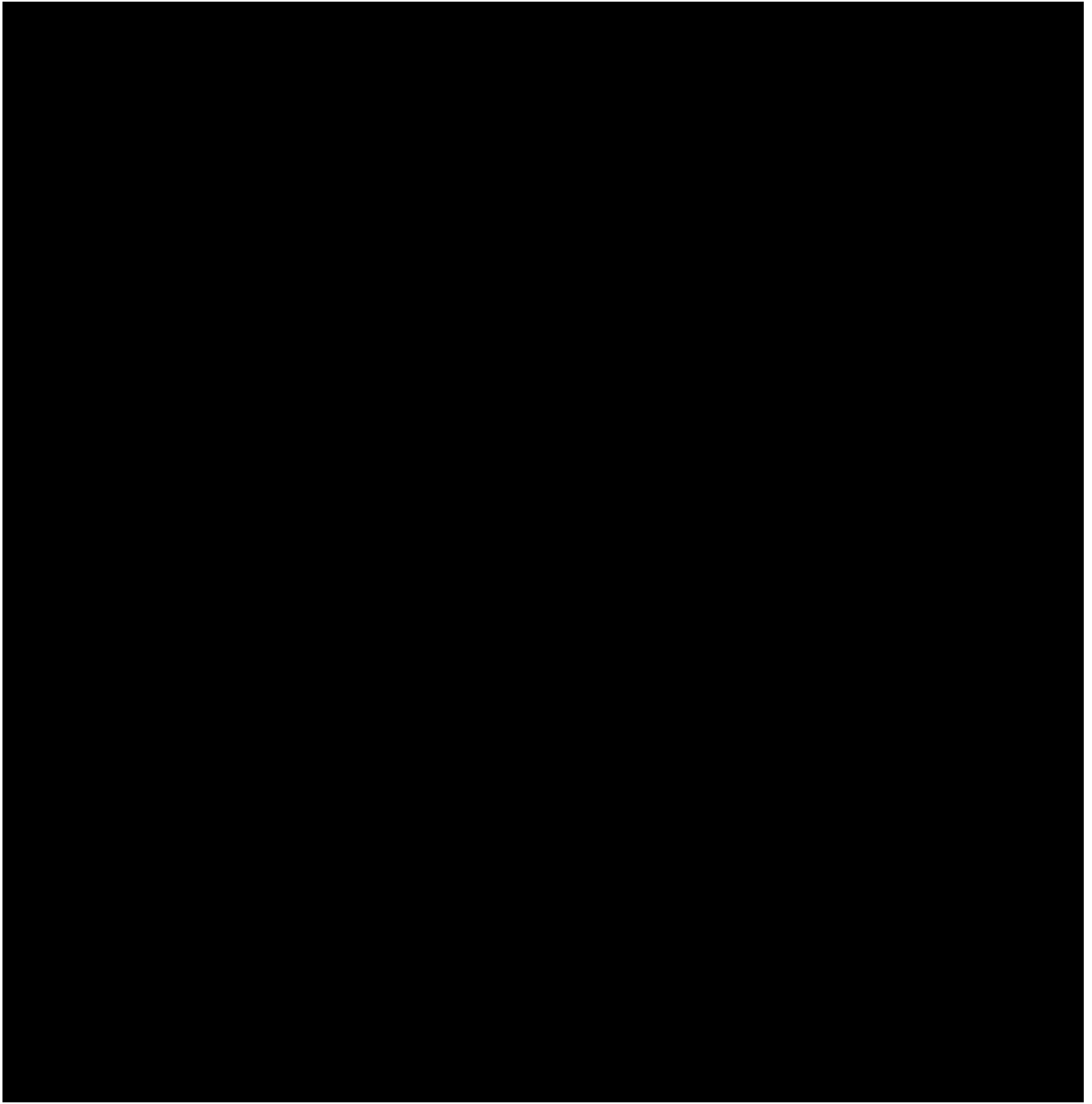
1.2 一般事項

(1) 適用基準

計算方法は、「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とする。

(2) 計算条件

- a. 鉄セル（遮へい体及びインナーボックス）の耐震評価は、基礎ボルトの応力について構造強度評価を実施する。
- b. 許容応力の評価において「設計・建設規格」の付録材料図表を用いて計算する際に、評価条件の温度が付録材料図表に記載されている温度の中間値となる場合は、比例法を用いて計算する。ただし、比例法を用いる場合の端数処理は、小数第1位以下を切り捨てた値を使用するものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- d. 耐震計算は 3 次元 FEM モデルを構築し、地震荷重を作用させる。鉄セル構造図を図-95 に示し、3 次元 FEM モデルを図-96, 97 に示す。
- e. モデル化にあたっては、インナーボックスは床面に、遮へい体はブラケットによって床面及び壁面にボルト固定された状態として、モデル化した。
- f. 解析モデルの重量は、部材質量に分析装置等の質量を加算した全重量とした。
- g. 固有値解析を実施して剛であることを確認し、Ss900 による静的解析を実施する。
- h. 地震力の組合せは、水平 2 方向の地震動と鉛直方向の地震動を FEM 解析モデルへ同時入力する。
- i. 地震力の入力方向の組合せは、X, Y, Z 方向の 3 方向に対してそれぞれ正又は負方向を考慮して、8(=2×2×2)通りであり、それら进行评估する。
- j. 拘束条件は、床面及び壁面のボルト固定点をピン拘束（並進 3 方向固定）とした。
- k. 解析コードは、「MSC Nastran」を使用した。



図－95 鉄セル構造図

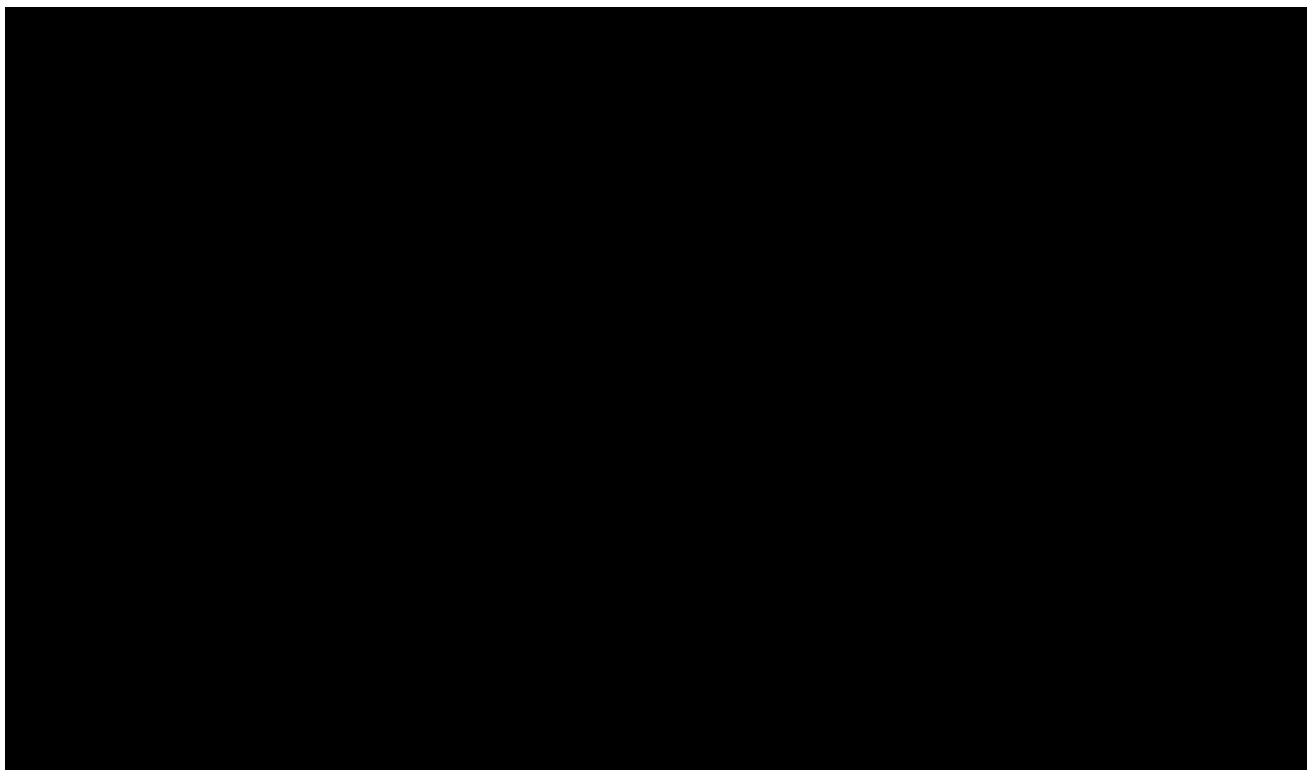


図-96 鉄セル（遮へい体及びインナーボックス）の3次元FEMモデル（1/2）

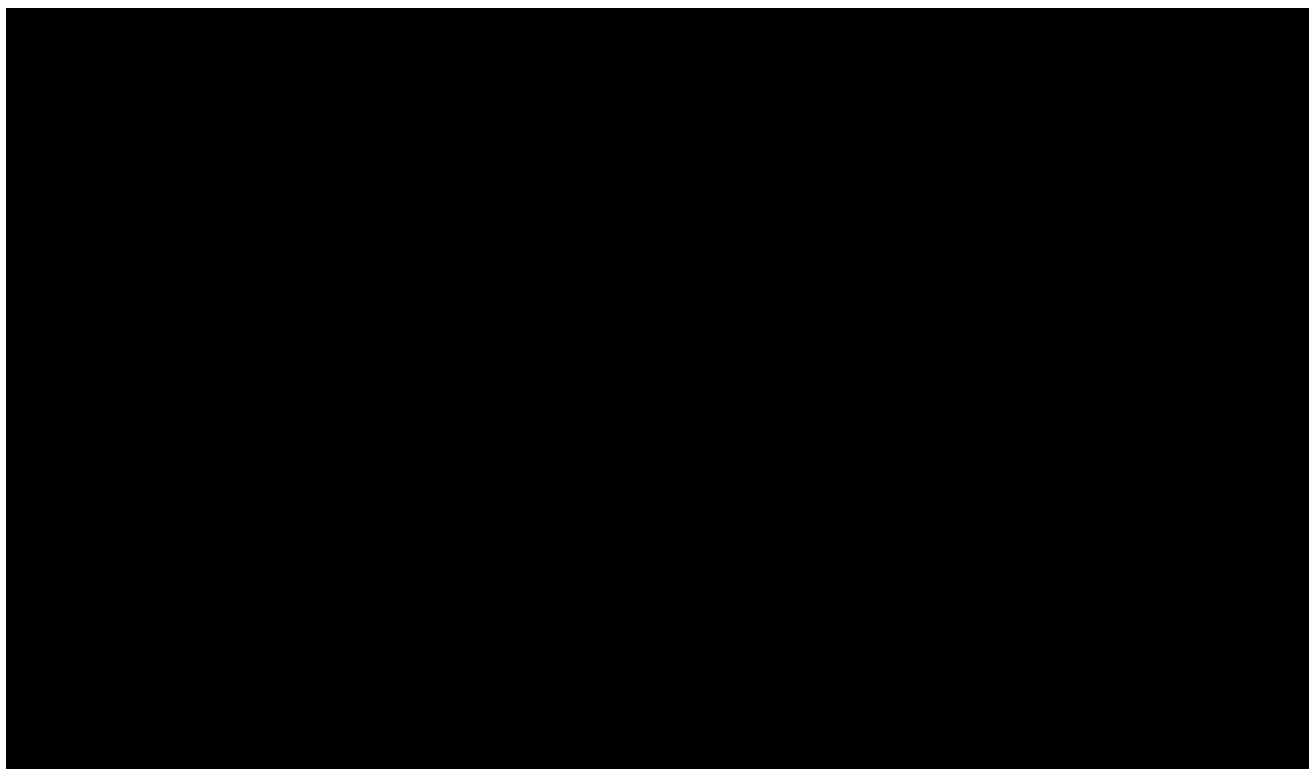


図-97 鉄セル（遮へい体及びインナーボックス）の3次元FEMモデル（2/2）

1.3 設計用地震力

表－154 に示す設計用地震力で鉄セルを評価する。また，表－155 に Ss900 の階別設計用震度を示す。

表－154 設計用地震力

動的地震力
Ss900 (鉄セルは剛構造であり，建屋の Ss900 による解析で得られる最大床応答加速度(1 階)で FEM 解析を実施)

表－155 Ss900の階別設計用震度*

階層	水平設計用震度		鉛直設計用震度
	水平 X 方向 C_{HX}	水平 Y 方向 C_{HY}	鉛直方向 (Z 方向) C_V
2 階 (T. P. +47. 8m)	1. 74	1. 74	0. 91
1 階 (T. P. +40. 8m)	1. 26	1. 26	0. 90
地下 1 階 (T. P. +33. 3m)	0. 84	0. 84	0. 89

＊：Ss900 の階層別設計用震度は，以下で示した床応答加速度を 1.2 倍し，重力加速度（980.665cm/s²）で割り，小数点第 3 位の値を切り上げた値で設定した。

なお，水平方向設計用震度については EW 方向と NS 方向の最大応答加速度を各階層毎に比較し，大きい方の値を水平 X 方向及び水平 Y 方向の水平方向設計震度として設定した。

参考資料 4－2－1：建屋の Ss900 による耐震性に関する評価結果

4.2 地震応答解析結果 図－54, 55 最大応答加速度（水平方向）の Ss900-①

地震応答解析結果 図－60 最大応答加速度（鉛直方向）の Ss900-①

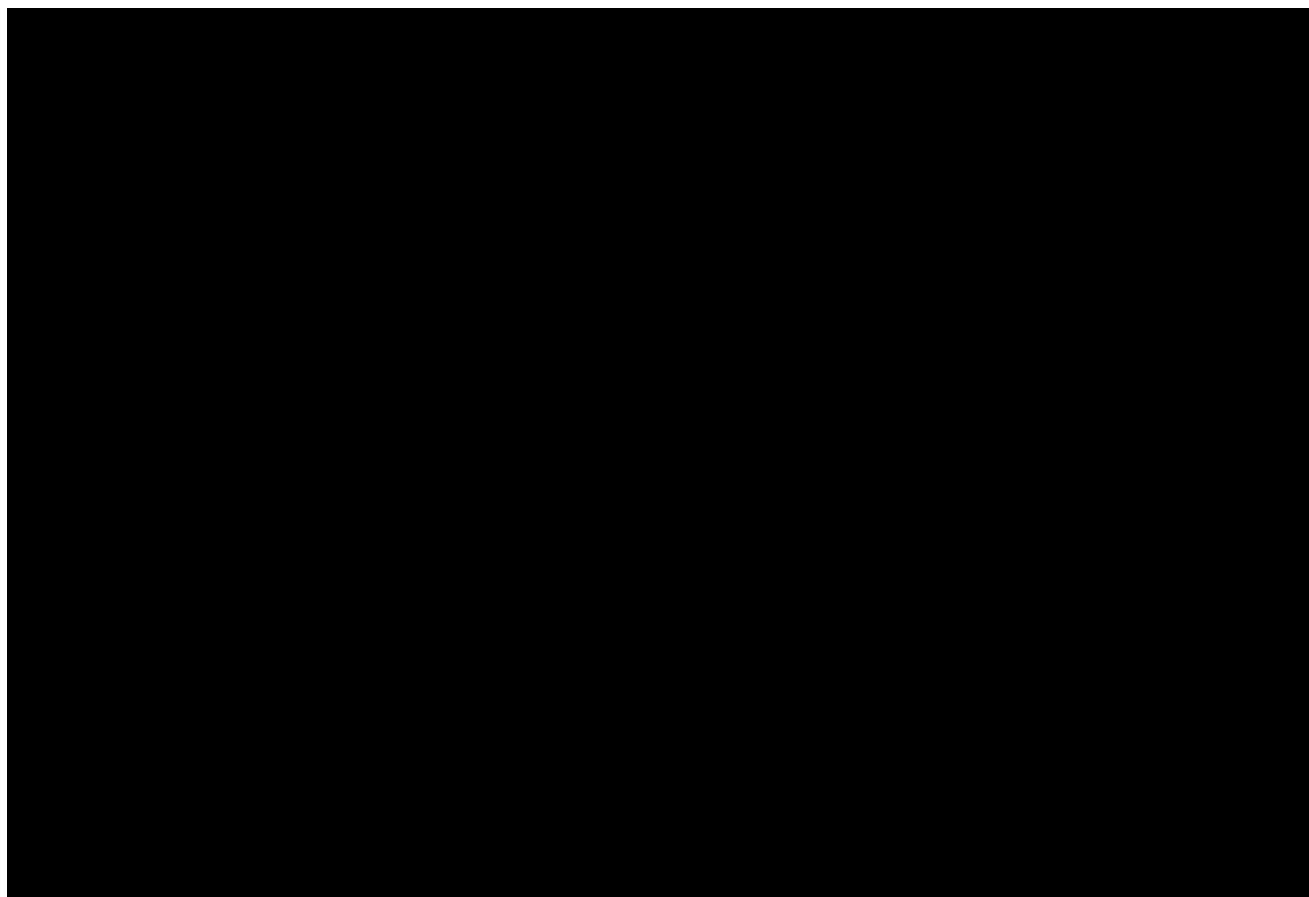
1.4 供用状態

Ss900 で機能維持を確認することから供用状態 Ds*とする。

＊：「JEAG4601-1987 原子力発電所耐震設計技術指針」に基づき，「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考とした。

1.5 固有値解析結果

図－98 に示す固有値解析モデルで固有周期を解析した結果，固有周期は 1 次振動モードで [REDACTED] となった。固有周期は [REDACTED] であることから，鉄セルは剛構造であることを確認した。



図－98 鉄セルの 1 次振動モード

1.6 応力評価

1.6.1 記号の説明

記号の説明を表－156 に示す。

表－156 記号の説明

記号	記号の説明	単位
C_{HX}	水平方向設計震度（水平 X 方向）	—
C_{HY}	水平方向設計震度（水平 Y 方向）	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	—
F	基準強度	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa

1.6.2 計算方法

a. 基礎ボルトの応力評価

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b, f_t)$$

F 値については「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い、評価部位の材質に応じて次式で求める。

(a) オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, S_y(RT))$$

(b) 上記の (a) 以外

$$F = \min(S_y, 0.7S_u)$$

1.6.3 評価結果

(1) 鉄セル

鉄セルの応力評価に関して、遮へい体及びインナーボックスについて評価を実施し、最も評価が厳しい結果を以下に示す。

a. 評価条件

鉄セルの応力評価条件を表－157 に示す。また、鉄セルの最大応力発生箇所を図－99 に示す。

表－157 鉄セルの応力評価条件

機器名称	耐震クラス	固有周期 (s)	据付場所	水平方向 設計震度	鉛直方向 設計震度	評価温度 (℃)
鉄セル	B ⁺	■	放射性物質 分析・研究施設 第2棟 1階	$C_{HX}=1.26$ $C_{HY}=1.26$	$C_V=0.90$	40

b. 機器要目

鉄セルの機器要目を表－158 に示す。

表－158 鉄セルの機器要目

部材	材料	S_y (MPa)	S_u (MPa)	F (MPa)
基礎ボルト	SCM435 (遮へい体、インナーボックス)	785	930	651

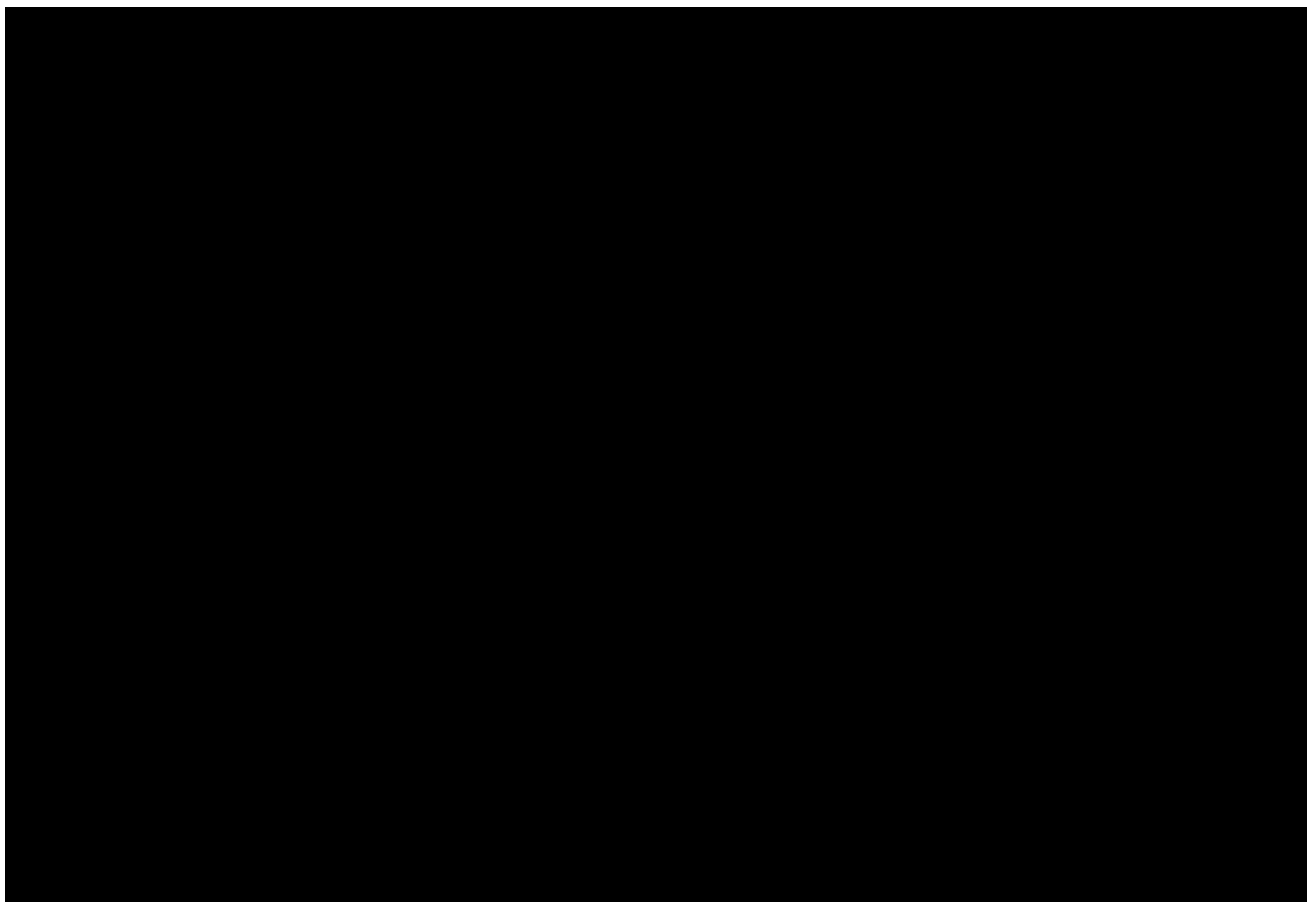
c. 評価結果

鉄セル（遮へい体）の応力評価結果を表－159 に示す。

表－159 鉄セル（遮へい体）の応力評価結果

部材	材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
基礎ボルト	SCM435	引張	$\sigma_b=148$	$f_t=487$
		せん断	$\tau_b=139$	$f_s=375$

鉄セル（遮へい体）の応力評価結果から発生応力が許容応力以下となる。



図－99 各最大発生応力の発生箇所

2. 第2棟 20t 天井クレーンの波及的影響評価について

2.1 20 t 天井クレーンの概要

第2棟の 20t 天井クレーン(以下「20t クレーン」という。)は図-100, 101 に示すように、ローディングドック、コンクリートセルの上部に設置するクラブトロリ式天井クレーンである。

20t クレーンは、耐震 S クラスのコンクリートセルの上部を走行することから、地震により落下した場合には波及的影響を及ぼすおそれがある。このため、Ss900 地震により 20t クレーンの波及的影響防止について評価する。評価は「JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に、Ss900 地震時の建屋の応答結果(R 階の加速度応答スペクトル)を基に、20t クレーンに生じる地震力を算定し耐震性の検討を行う。

2.2 一般事項

2.2.1 配置概要

20t クレーンは R 階レベルに設置され、巻上装置と横行装置を備えたクラブトロリ(以下「トロリ」という。), トロリが横行するための 2 本の桁(以下「クレーンガーダ」という。), ローディングドックからコンクリートセル間を走行するためのレール(以下「ランウェイガーダ」という。)によって構成する。

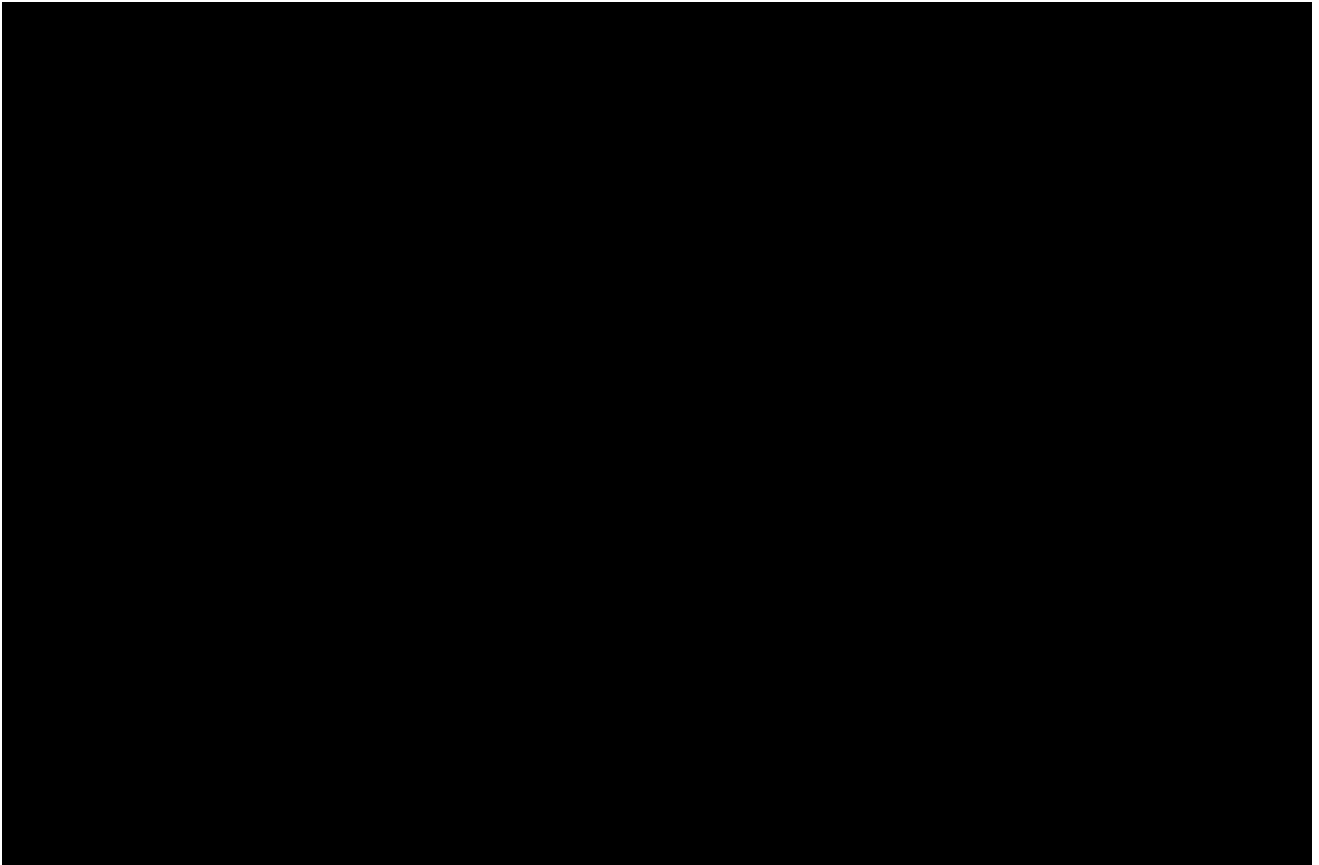


図-100 20t クレーン配置図(平面図)

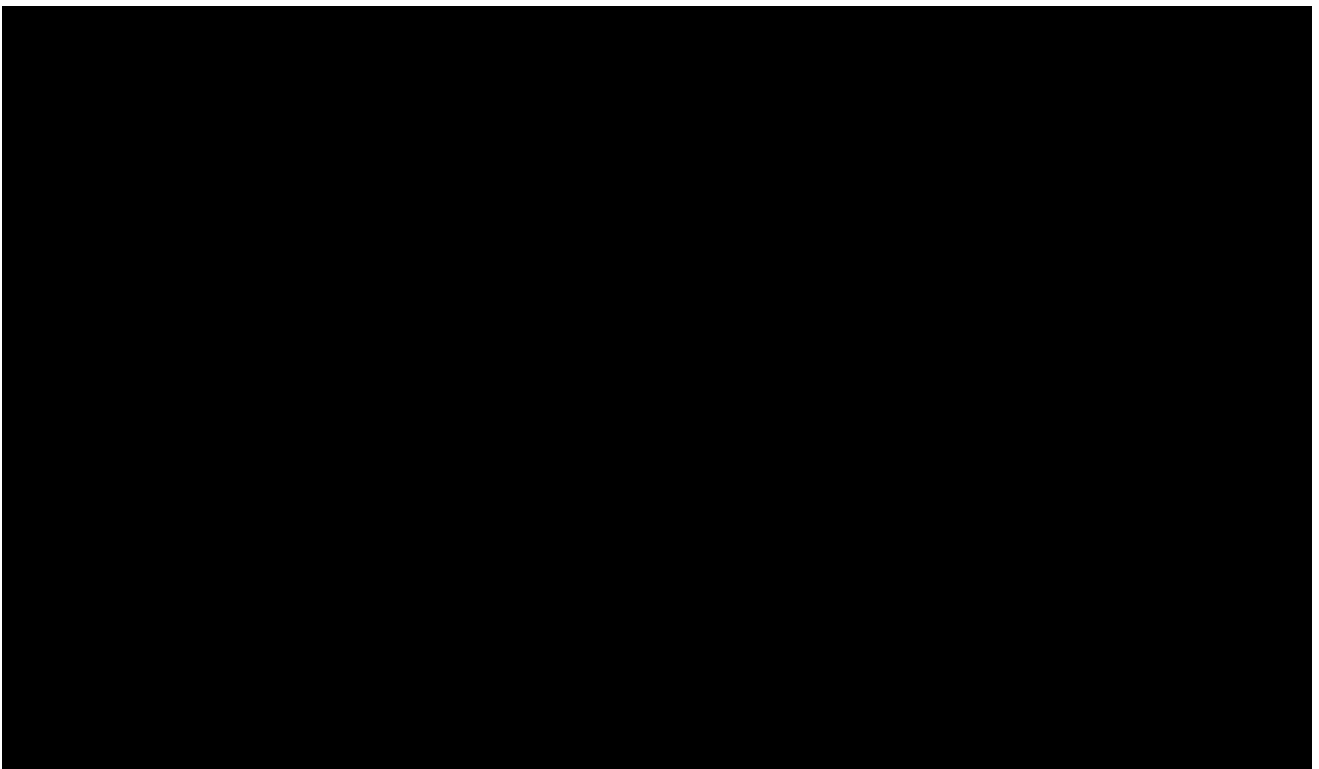


図-101 20t クレーン配置図 (断面図 Ba-B 通り間)

2.2.2 構造計画

クレーンの構造計画を表－160 に示す。

表－160 クレーンの構造計画 (1/5)

計画の概要		概要構造図
基礎・支持構造	主体構造	
クレーンは第2棟に設置されたランウェイガーダにより支持され、トロリはクレーンガーダにより支持される。	クレーン本体 (クレーンガーダ、トロリ、サドル)	20t クレーン概要図 (走行方向断面図) The diagram shows a cross-section of a 20t crane in its travel direction. A dashed arrow at the top indicates the travel direction (EW direction). The crane body is supported by a crane girder (クレーンガーダ) which runs on a runway girder (ランウェイガーダ). The crane girder is supported by a saddle (サドル) and a travel stop device (走行浮上り防止治具). The runway girder is supported by a roller (トロリ) and a travel stop device (走行浮上り防止治具). The diagram also shows a vertical reference line (▽RF).

表-160 クレーンの構造計画 (2/5)

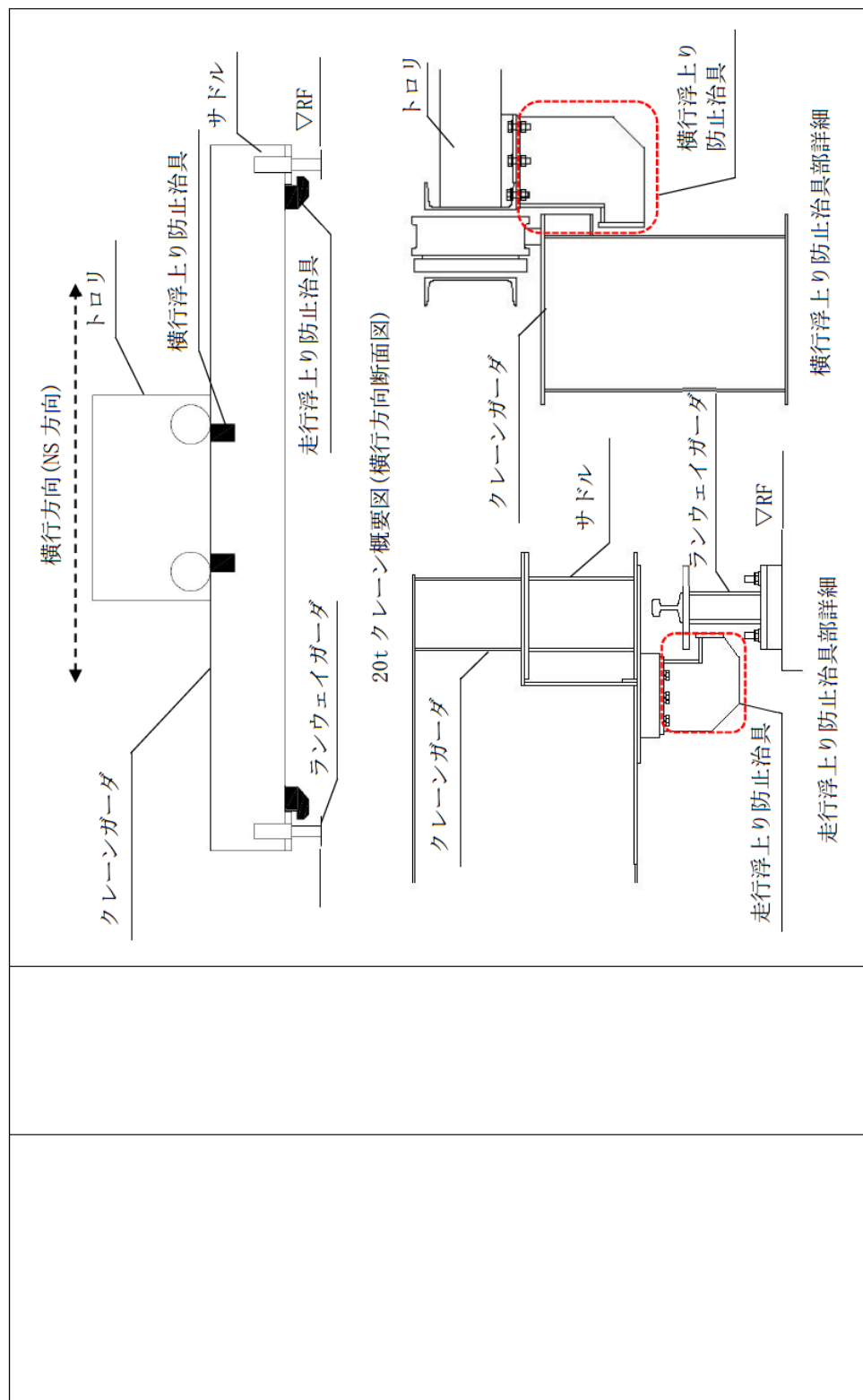


表-160 クレーンの構造計画 (3/5)

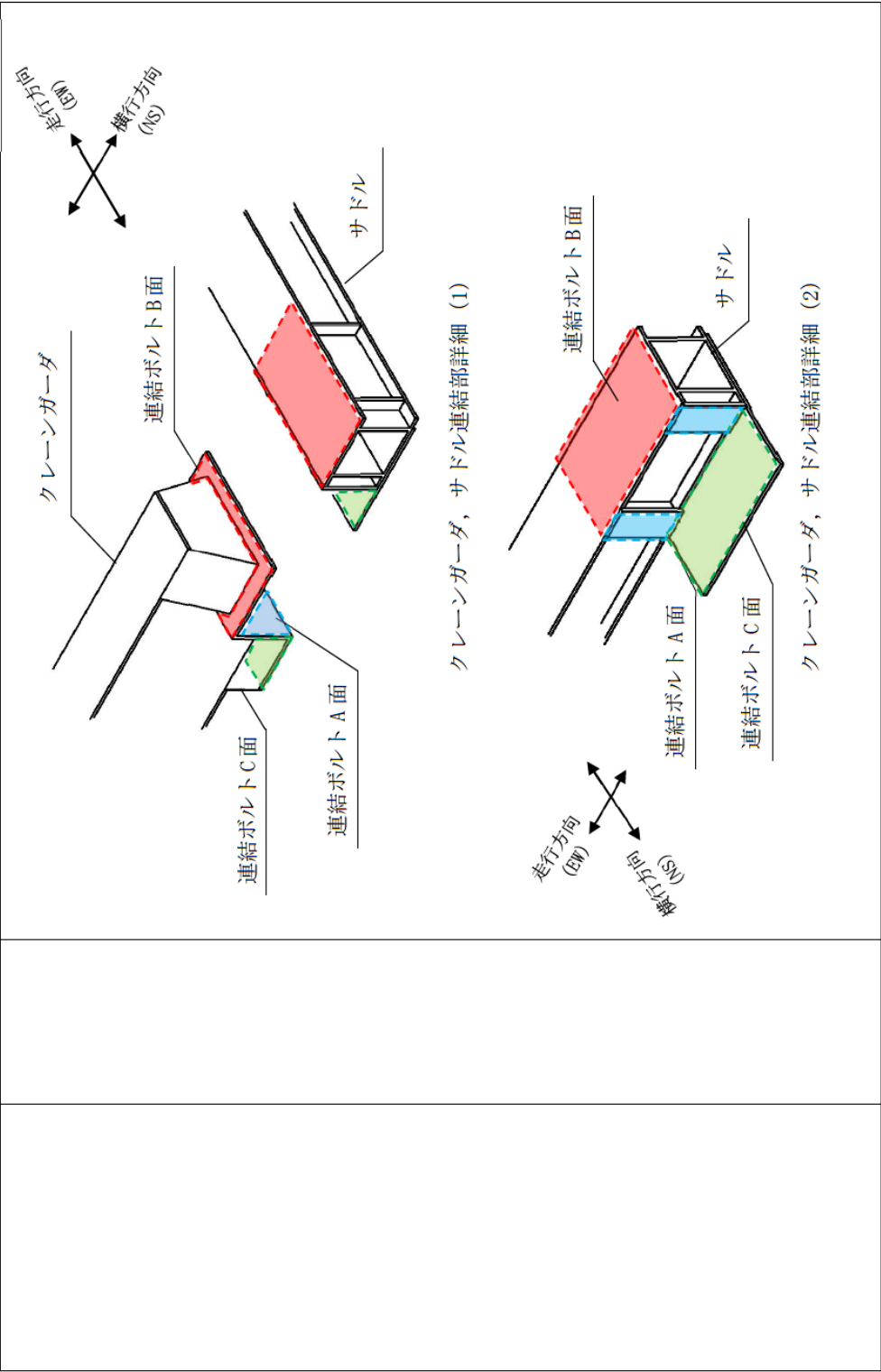


表-160 クレーンの構造計画 (4/5)

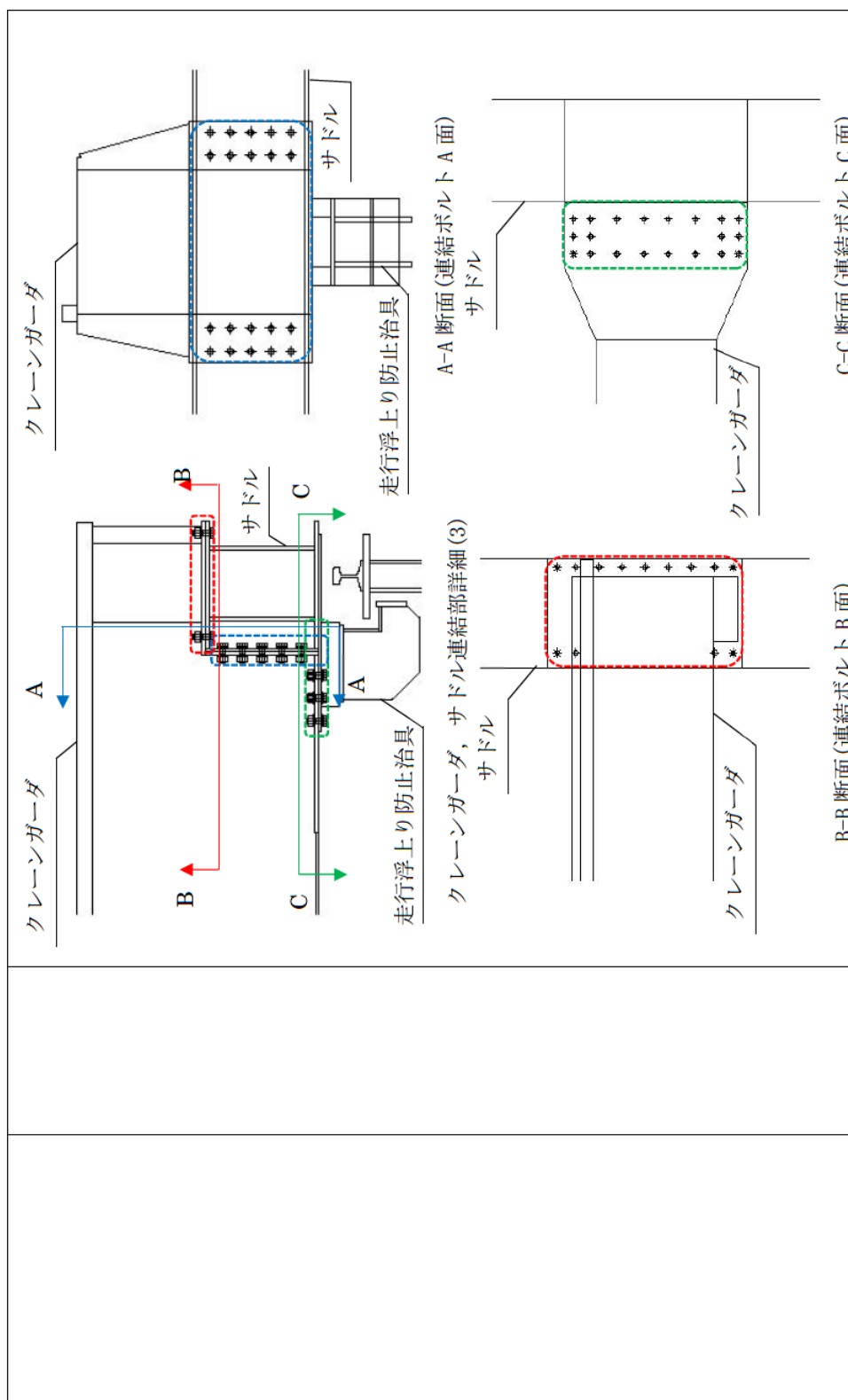
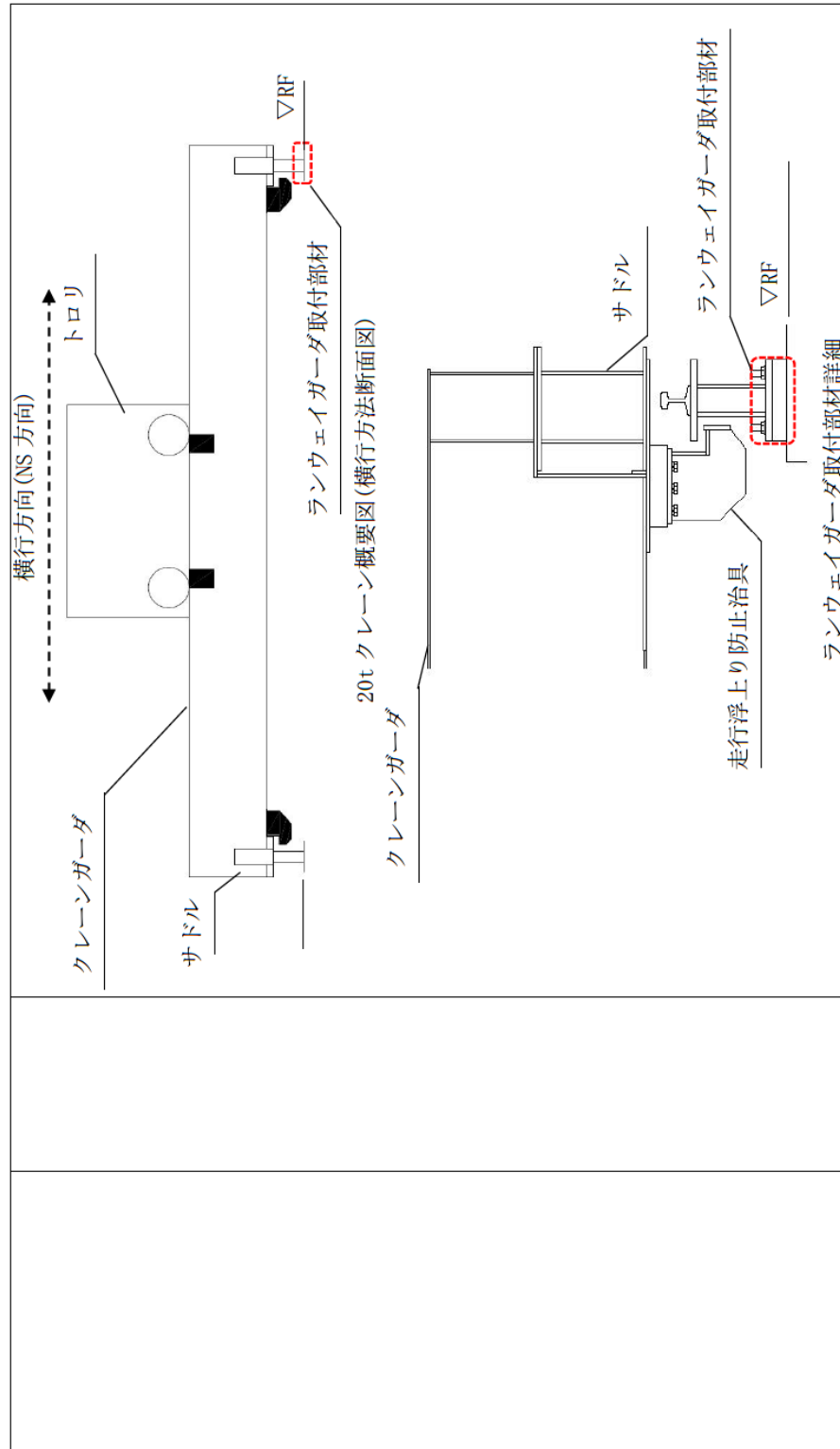


表-160 クレーンの構造計画 (5/5)



2.2.3 評価方針

クレーンの応力評価は、「2.2.2 構造計画」にて示すクレーンの部位を踏まえ、「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4.3 解析モデル及び諸元」及び「2.4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく Ss900 地震動による応力等が、許容限界の範囲内に収まることを「2.4.1 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「2.5 評価結果」に示す。

クレーンの耐震評価フローを図-102 に示す。

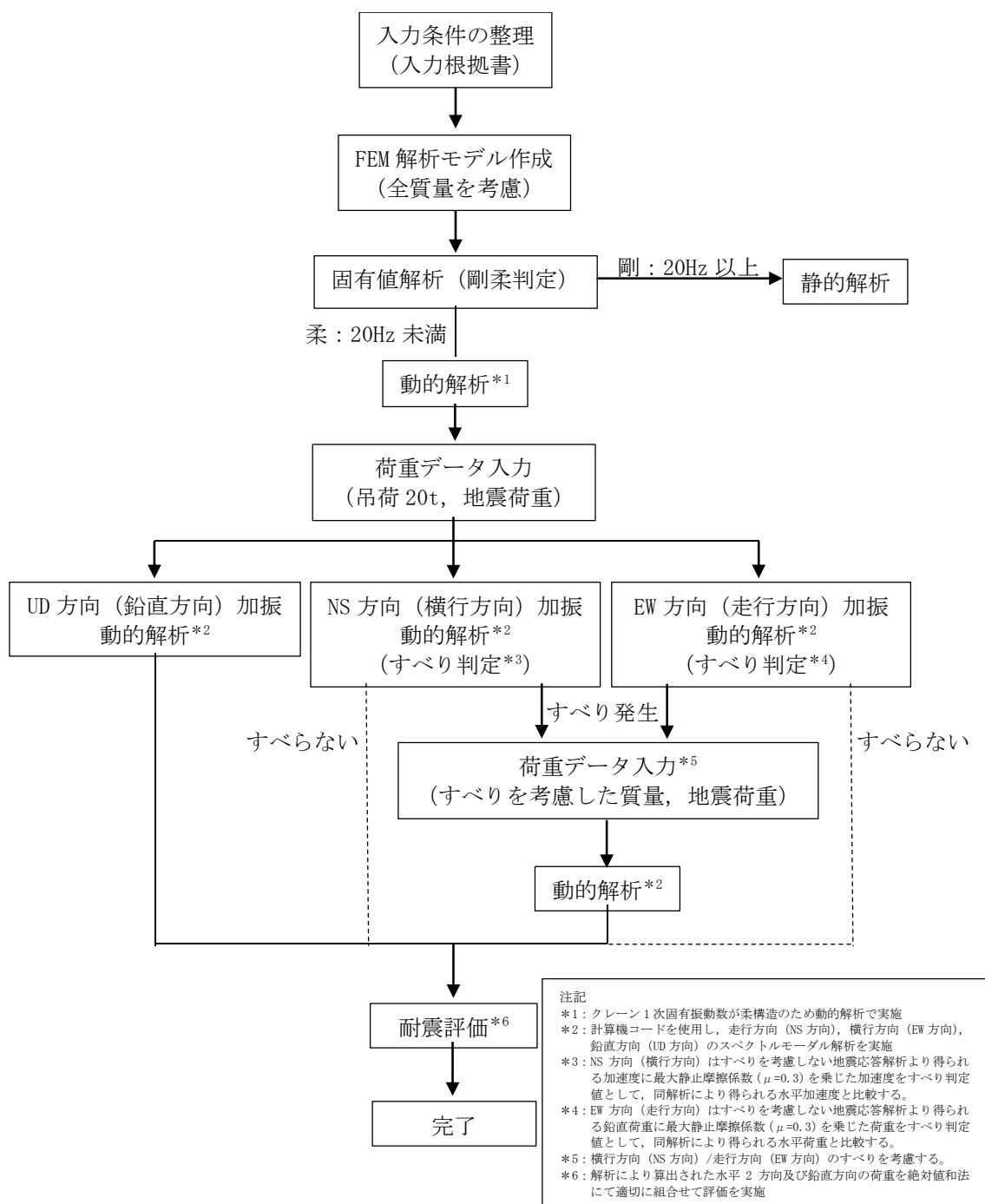


図-102 クレーンの耐震評価フロー

2.2.4 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。

- ・ 設計・建設規格
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601・補－1984, JEAG4601－1987 及び JEAG4601－1991 追補版)
((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC4601-2008) ((社) 日本電気協会)
- ・ 日本産業規格 ((財) 日本規格協会) (以下「JIS」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 (JCAS1101-2018) ((社) 日本クレーン協会)
- ・ クレーン構造規格 (労働安全衛生法)

2.2.5 評価に適用する確認用地震動

本クレーンに適用する確認用地震動は「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 (令和4年11月16日原子力規制委員会了承, 令和5年6月19日一部改訂)」の考え方を踏まえ、Ss900とする。

2.3 評価部位

クレーンの耐震評価は、「2.4.1 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、クレーン及びトロリの落下により、コンクリートセル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、ランウェイガード取付部材、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－160 のクレーンの構造計画に示す。

2.4 地震応答解析及び構造強度評価

2.4.1 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、走行方向では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、すべりが発生する。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とおりとした。

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

(4) すべりを考慮した荷重は、以下のとおり算定する。

- a. NS 方向（横行方向）は、すべりを考慮しない地震応答解析より得られる加速度（吊荷重量を含めた解析モデルの総重量に発生する鉛直方向の加速度）に最大静止摩擦係数（ $\mu = 0.3$ ）を乗じた加速度をすべり判定値として、同解析より得られる加速度と比較する。
- b. EW 方向（走行方向）は、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（吊荷重量を含めた解析モデルの総重量）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。
- c. 判定値を超える場合、NS 方向（横行方向）は、トロリ（吊荷含む）の質量に最大静止摩擦係数（ $\mu = 0.3$ ）を乗じた質量、EW 方向（走行方向）は、全体質量に最大静止摩擦係数（ $\mu = 0.3$ ）を乗じた質量にて再度固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。

(5) 表－161 に示す評価ケースにて吊荷質量を考慮した評価を実施する。なお、部材断面検討において吊荷有の動的解析は吊荷無の動的解析より、鉛直動の荷重が大きく算出されるため、吊荷有の動的解析が保守的な検討であることから、本検討における吊荷無の動的解析による評価は省略する。

表－161 評価ケース

評価対象部位		クレーン本体，連結ボルト，走行／横行 浮上り防止治具，ランウェイガード取付 部材，吊具（ワイヤロープ及びフック）		
評価ケース No.		1	2	3
トロリ 位置	中央	●		
	北側		●	
	南側			●

(6) 地震応答解析手法は、スペクトルモーダル解析を用いるものとし、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。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1 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，ランウェイガード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－162 に示す。

2.4.2.2 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，ランウェイガード取付部材の許容応力を表－163 に示す。

表－162 荷重の組合せ及び供用状態

地震動	荷重の組合せ	供用状態
Ss900	D+P ₀ +M ₀ +Ss	Ss

表－163 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
Ds	1.5f _t [*]	1.5f _c [*]	1.5f _b [*]	1.5f _s [*]	1.5f _t [*]	1.5f _s [*]

注) f_t^{*}, f_c^{*}, f_b^{*}, f_s^{*}: 供用状態 Ds に対する許容応力算定に用いる応力。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 により規定される許容せん断応力

2.4.2.3 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－164、165 に示す。

表－164 許容応力評価条件

評価部位		使用材料	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		SS400* ¹ ($t \leq 16\text{mm}$)	60	237	389	272
連結ボルト A 面, B 面, C 面		F10T* ²	60	870	967	676
走行浮上り 防止治具	爪	SS400* ¹ ($t \leq 16\text{mm}$)	60	237	389	272
	取付 ボルト	10.9* ²	60	909	1006	704
横行浮上り 防止治具	爪	SS400* ¹ ($t \leq 16\text{mm}$)	60	237	389	272
	取付 ボルト	10.9* ²	60	909	1006	704
ランウェイ ガーダ 取付部材	基礎 ボルト	SNR490B* ³	60	304	471	329

*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 JIS 記載値より算出

*3: 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(SM490B)を準用して算出

表－165 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 82A	60	1.961×10^5	5.87^{*1}	1.151×10^6
フック	S45C	60	1.961×10^5	5.87^{*2}	1.151×10^6

*1: ワイヤロープの安全率は, クレーン構造規格より設定

*2: フックの安全率は, ワイヤロープの安全率より設定

2.4.3 解析モデル及び諸元

解析モデルを図-103、解析モデルにおける節点の質量配置を図-104に、機器諸元を表-166～168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) クレーン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モデルを作成する。

(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、以下のとおりすべりを考慮した荷重を算定する。なお、自重は、すべりが発生しないことを踏まえ、全体質量にて地震応答解析を行い算定する。

[NS 方向]

- a. NS 方向（横行方向）は、すべりを考慮しない地震応答解析より得られるトロリを支持するクレーンガーダ上に発生する加速度について、クレーン総重量に発生する鉛直加速度に最大摩擦係数（ $\mu = 0.3$ ）を乗じた加速度をすべり判定値として、同解析より得られる NS 方向（横行方向）の加速度と比較する。
- b. 判定値を超える場合、NS 方向（横行方向）は、トロリ（吊荷含む）の質量に最大静止摩擦係数（ $\mu = 0.3$ ）を乗じた質量にて地震応答解析を行い算定する。

[EW 方向]

- c. EW 方向（走行方向）は、すべりを考慮しない地震応答解析より得られる走行輪位置での走行方向の荷重（最大値）について、クレーン総重量に最大静止摩擦係数（ $\mu = 0.3$ ）を乗じた荷重をすべり判定値として、同解析より得られる EW 方向（走行方向）の荷重（最大値）と比較する。
- d. 判定値を超える場合、EW 方向（走行方向）は、全体質量に最大静止摩擦係数（ $\mu = 0.3$ ）を乗じた質量にて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、吊荷はクレーン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。また、解析モデル各節点の質量はクレーンガーダ、サドル共に総重量を支配長さで集中マスと置き換え、各節点毎に質量を設定する。なお、吊荷の振れは評価上考慮しない。

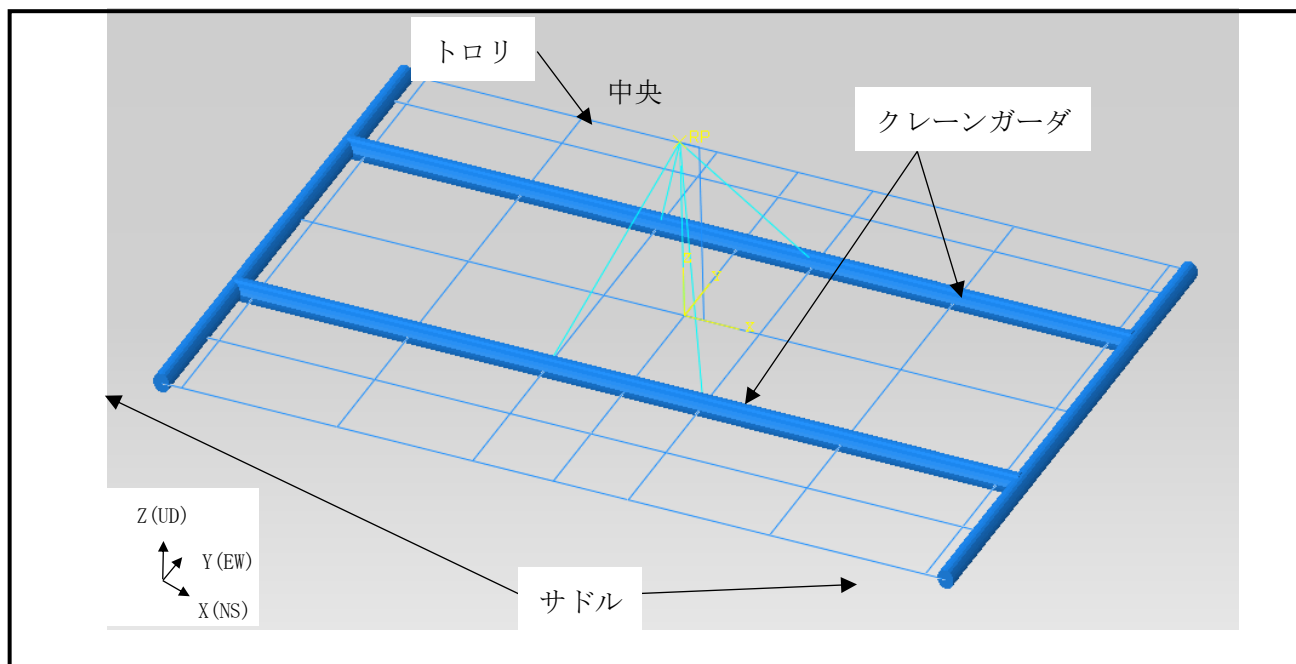
(5) クレーンに付属する構造物（歩道、手摺、ラグ、電気品等）の質量は見込むが、強度メンバには含めない。

(6) 拘束条件として、クレーンは走行駆動輪位置において EW（走行方向）・NS（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束し、走行従動輪においては NS（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束する。また、トロリは剛体とし、クレーンガーダとの接合において、横行駆動輪位置においては EW（走行方向）・

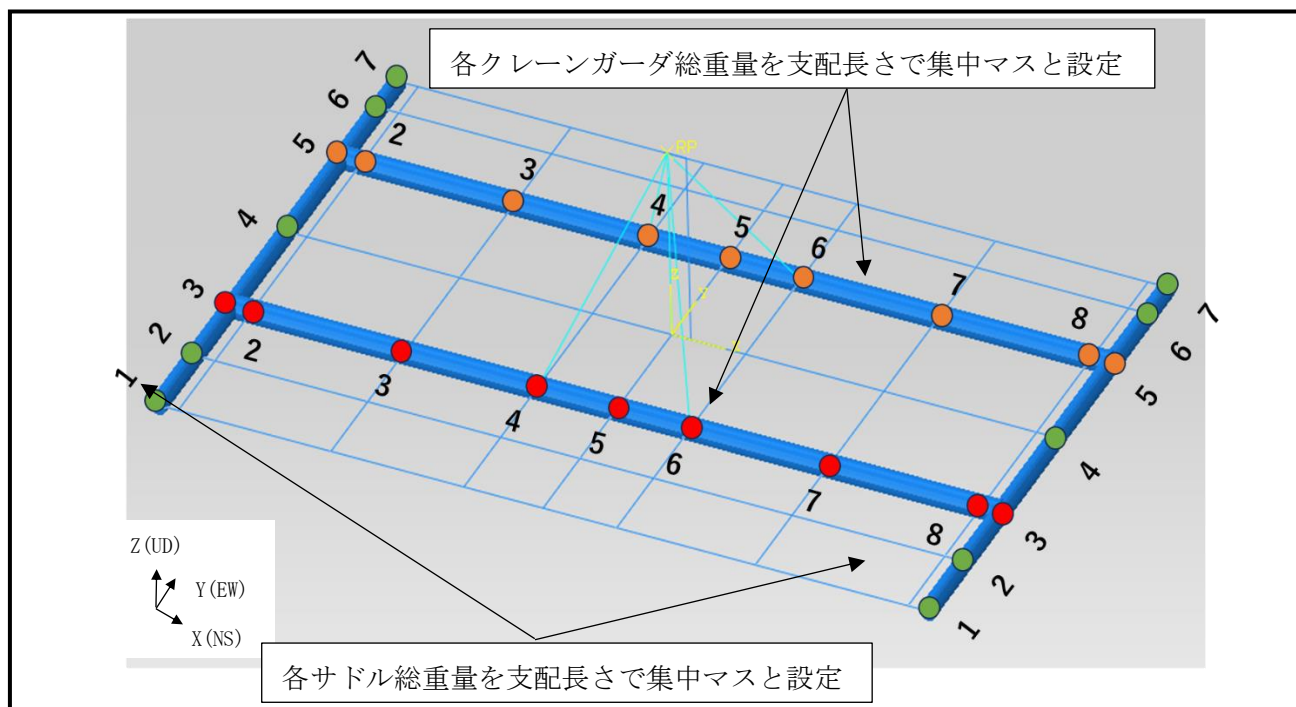
NS（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を剛結合とし、横行従動輪位置においては EW（走行方向）・UD（鉛直方向）方向を剛結合とする。

(7) 解析コードは、「Abaqus*¹」を使用し、固有値解析、応答スペクトル解析を実施する。

*1：女川原子力発電所 2 号炉（海水ポンプ室門型クレーン）等、他原子力施設にて審査実績がある解析プログラム



図－103 クレーン解析モデル図



図－104 クレーン解析モデルにおける各節点の質量配置図

表－166 機器諸元（質量）

		質量(t)
クレーン	クレーン本体(トロリ含む)	16.3
	吊荷	20.4

表－167 クレーン本体部材機器諸元（断面特性）

部材名	縦弾性 係数 E (Pa)	断面積 A ₁ (mm ²)	せん断断面積		断面係数		ねじり断面係数		ポアソン比 ν (-)
			A ₂ (mm ²)	A ₃ (mm ²)	Z ₁ (mm ³)	Z ₂ (mm ³)	Z _{p1} (mm ³)	Z _{p2} (mm ³)	
クレーンガーダ	2.05×10 ¹¹	2.456×10 ⁴	1.408×10 ⁴	1.049×10 ⁴	5.888×10 ⁶	4.633×10 ⁶	8.836×10 ⁶	8.836×10 ⁶	0.3
サドル	2.05×10 ¹¹	1.982×10 ⁴	9.024×10 ³	1.080×10 ⁴	2.565×10 ⁶	2.468×10 ⁶	4.193×10 ⁶	4.193×10 ⁶	0.3

表－168 ボルトの諸元

名称	型式	断面積
		(mm ²)
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	M20	314
ランウェイガーダ基礎ボルト	M24	452

2.4.4 固有周期

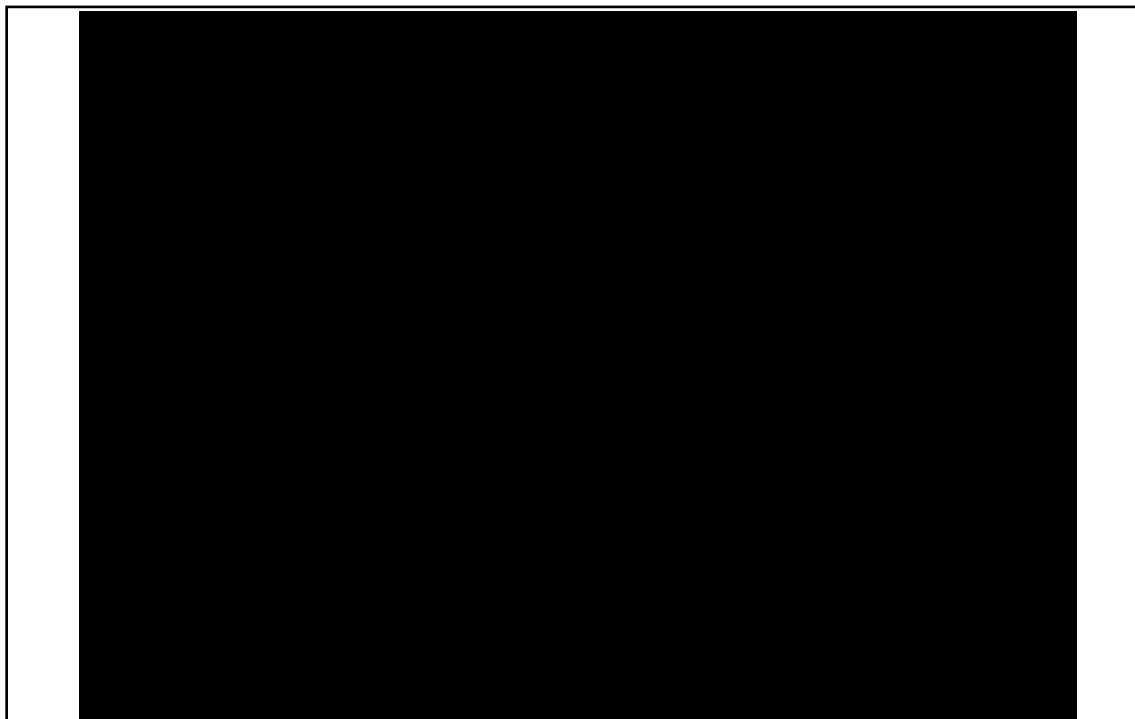
各解析ケースにおける固有値解析の結果を表－169～171 に示す。また，振動モード図を図－105～125 に示す。

2.4.4.1 評価ケース No.1（トロリ位置：中央）

表－169 固有値解析結果（評価ケース No.1（トロリ位置：中央））

次数	固有周期 (s)	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	UD
1 次	0.0976	-0.07	0.54	180.21
2 次	0.0424	0.05	32.82	-1.92
3 次	0.0219	-96.90	-0.05	-0.32
4 次	0.0185	-0.13	-45.57	6.22
5 次	0.0174	-23.24	0.54	0.37
6 次	0.0169	0.19	-6.47	-38.91
7 次	0.0110	-10.87	-0.23	0.02

*：刺激係数は，モード質量が 1 となるように固有ベクトルを正規化し，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をモード質量で除した値を示す。



図－105 振動モード図（評価ケース No.1 トロリ位置中央時 1次モード）



図-106 振動モード図（評価ケース No.1 トロリ位置中央時 2次モード）

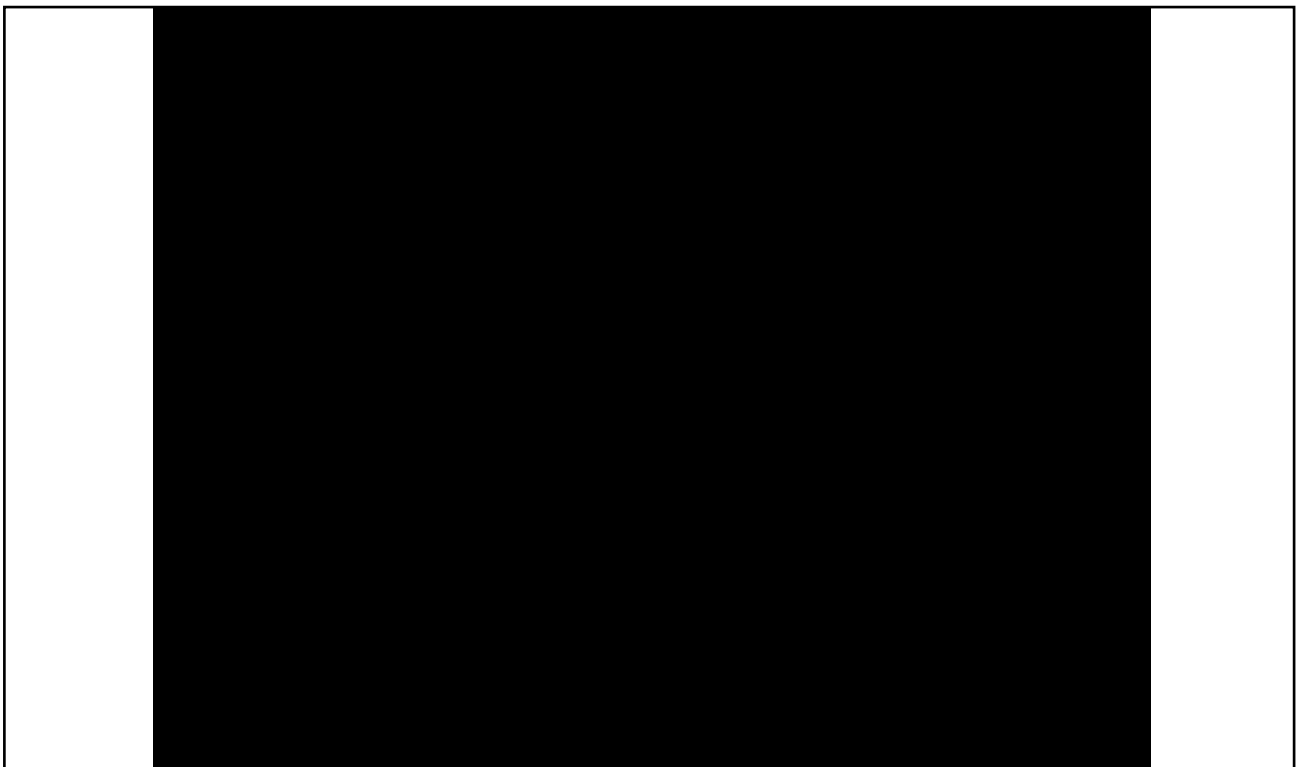


図-107 振動モード図（評価ケース No.1 トロリ位置中央時 3次モード）



図-108 振動モード図（評価ケース No. 1 トロリ位置中央時 4 次モード）



図-109 振動モード図（評価ケース No. 1 トロリ位置中央時 5 次モード）

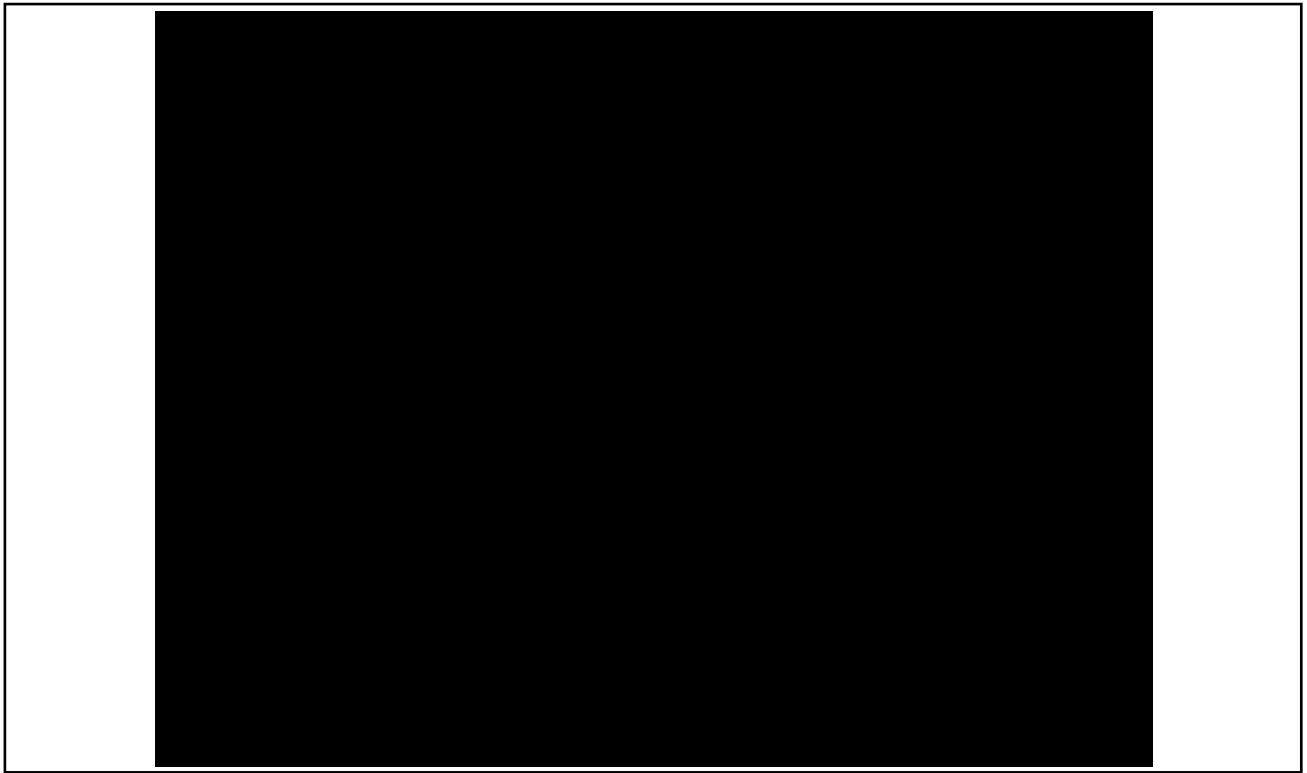


図-110 振動モード図（評価ケース No.1 トロリ位置中央時 6次モード）

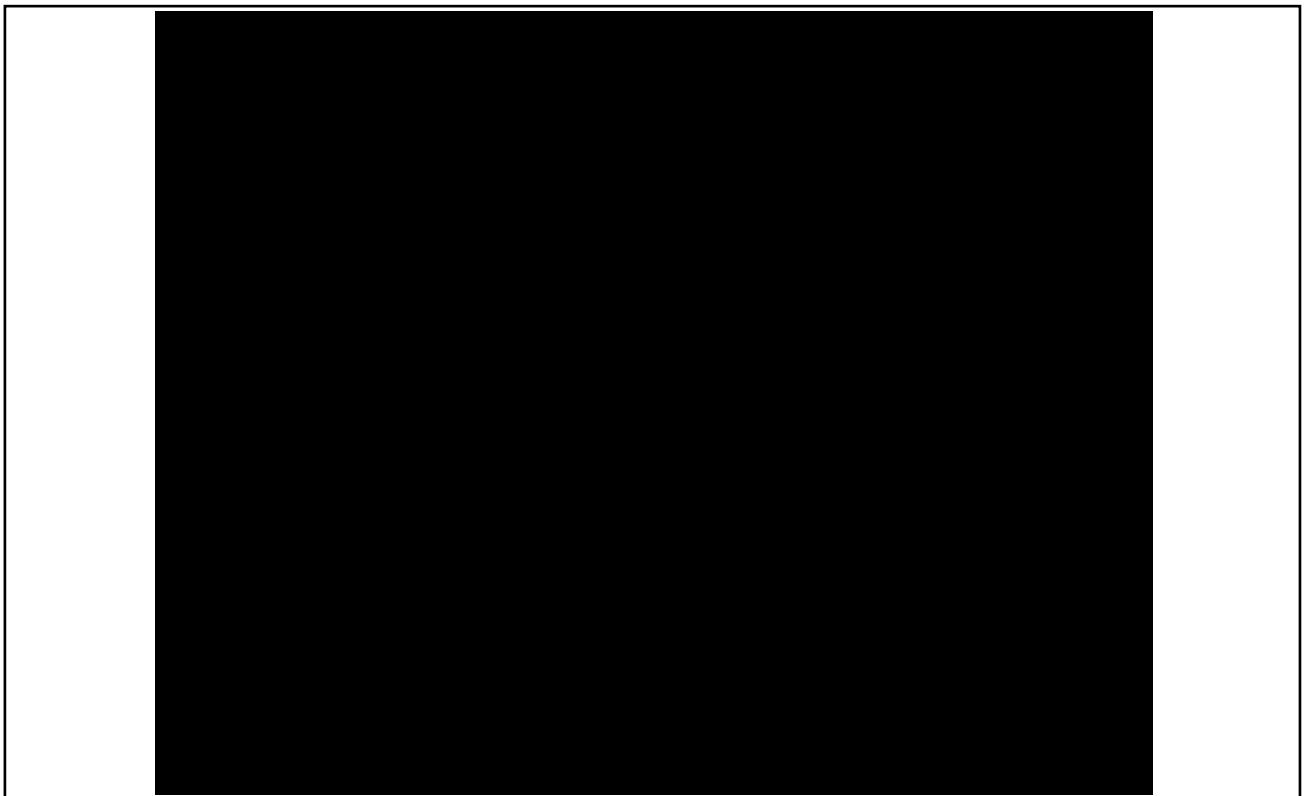


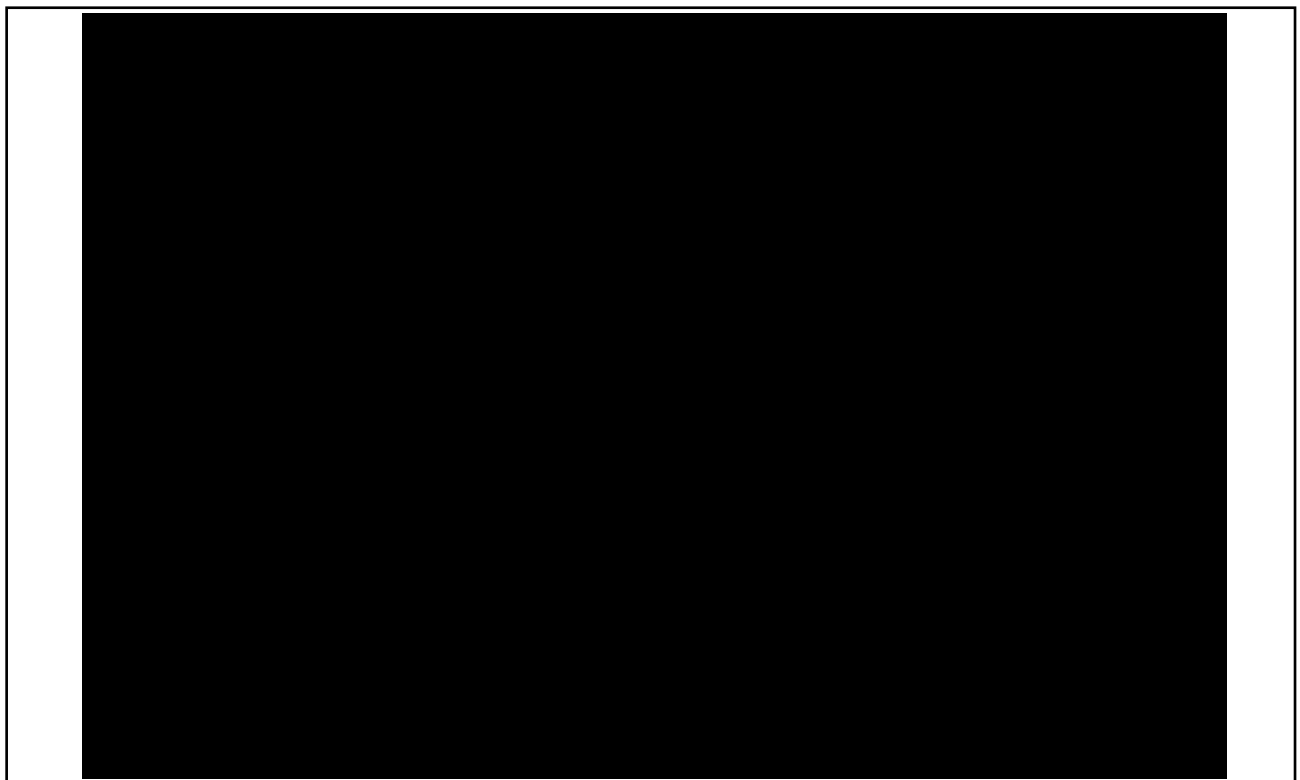
図-111 振動モード図（評価ケース No.1 トロリ位置中央時 7次モード）

2.4.4.2 評価ケース No.2（トロリ位置：北側端（右端））

表－170 固有値解析結果（評価ケース No.2（トロリ位置：北側端（右端）））

次数	固有周期 (s)	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	UD
1 次	0.0679	5.38	0.15	180.45
2 次	0.0267	-38.77	-0.72	20.11
3 次	0.0220	87.32	-7.37	-6.18
4 次	0.0176	-13.03	-17.45	-3.71
5 次	0.0170	-8.13	10.49	-30.42
6 次	0.0141	18.01	39.50	3.56
7 次	0.0117	-10.45	5.03	-0.78

＊：刺激係数は，モード質量が1となるように固有ベクトルを正規化し，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をモード質量で除した値を示す。



図－112 振動モード図（評価ケース No.2 トロリ位置：北側端（右端）1 次モード）

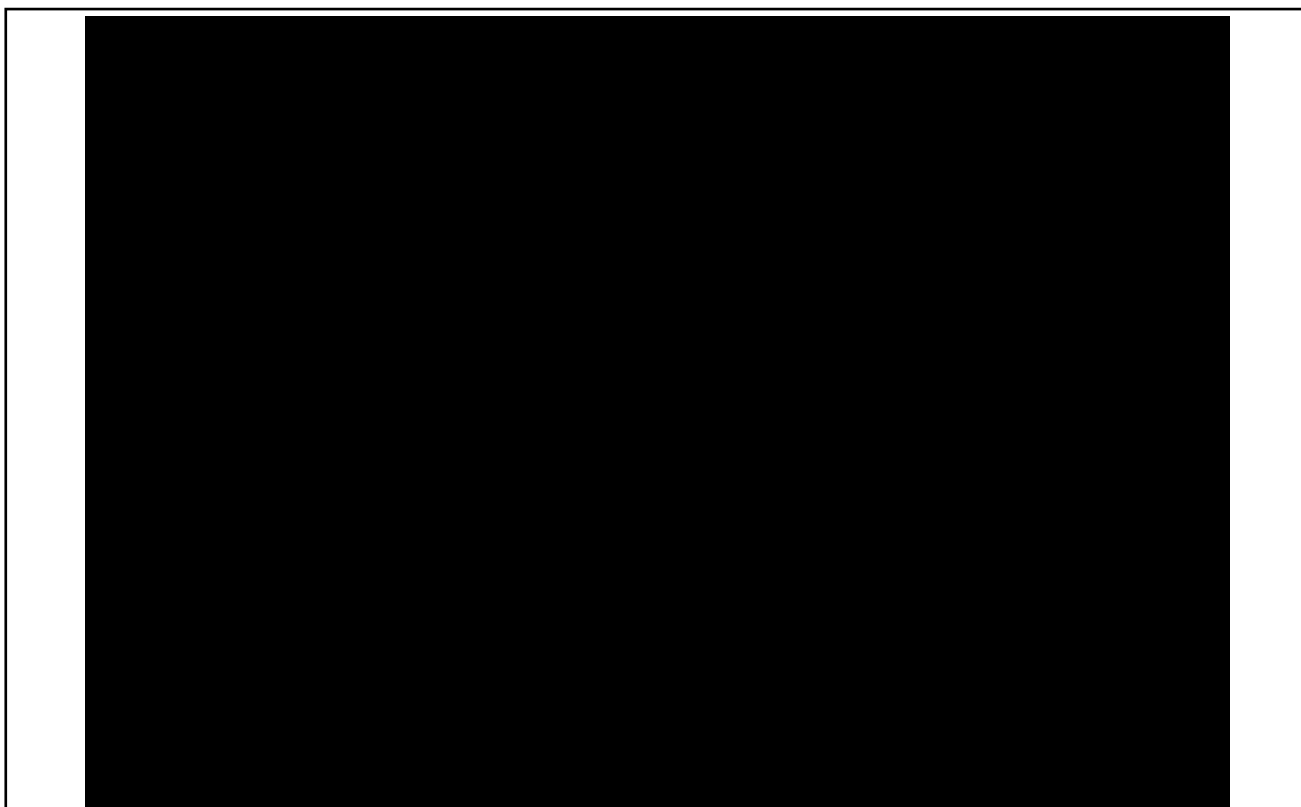


図-113 振動モード図（評価ケース No.2 トロリ位置：北側端（右端）2次モード）

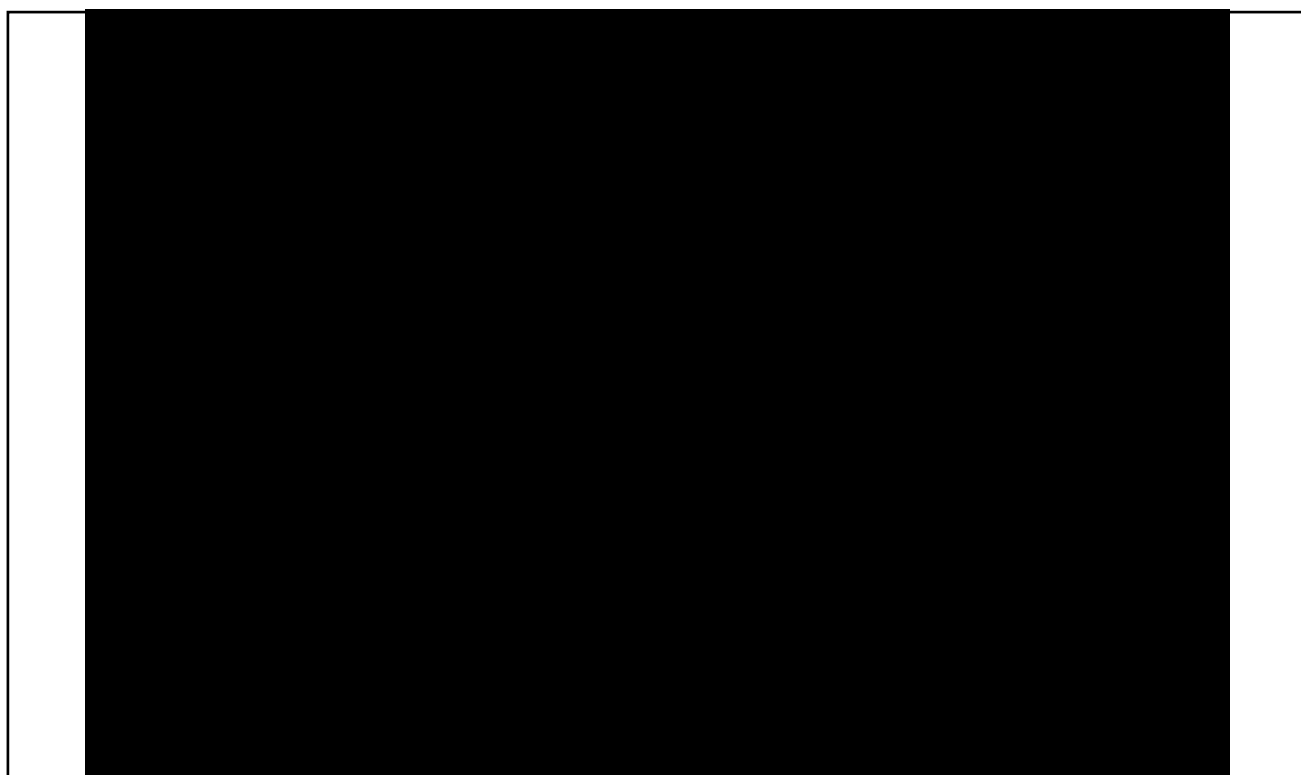
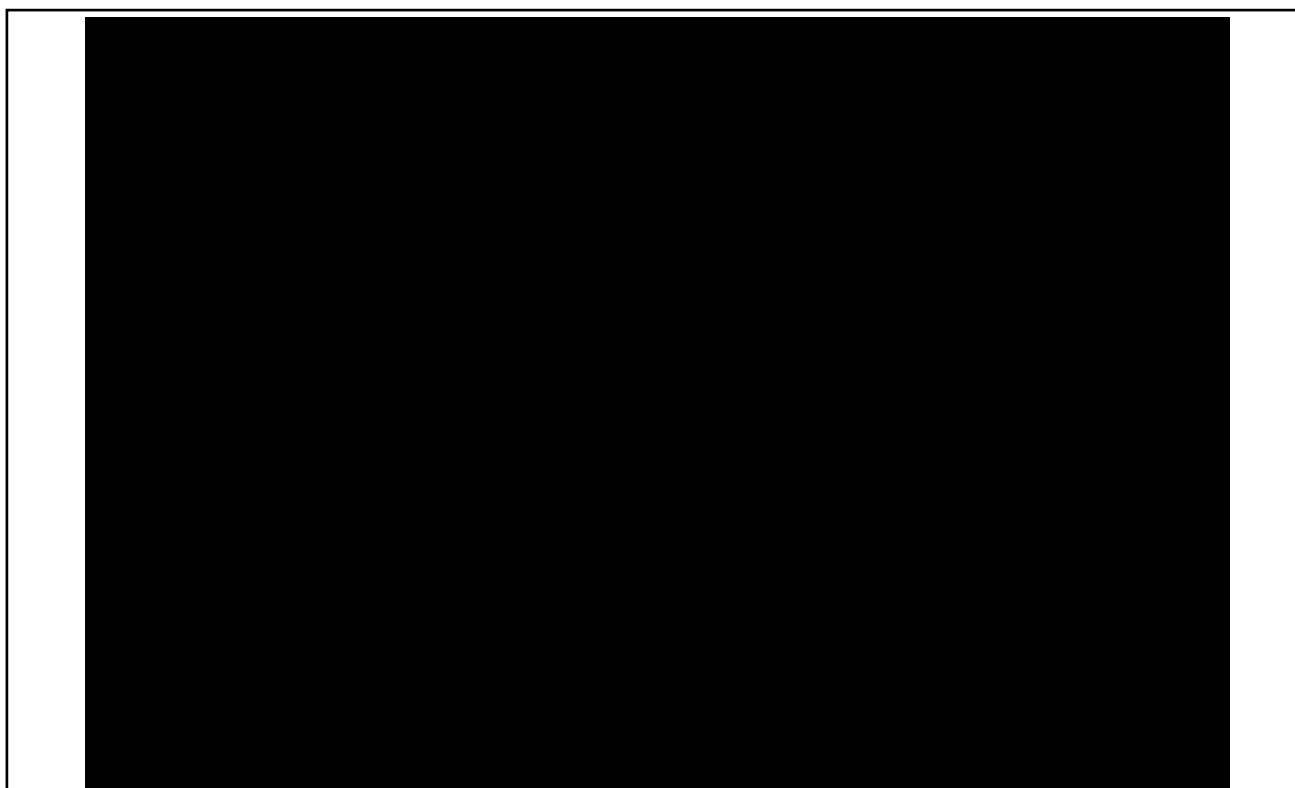


図-114 振動モード図（評価ケース No.2 トロリ位置：北側端（右端）3次モード）



図－115 振動モード図（評価ケース No.2 トロリ位置：北側端（右端）4次モード）



図－116 振動モード図（評価ケース No.2 トロリ位置：北側端（右端）5次モード）

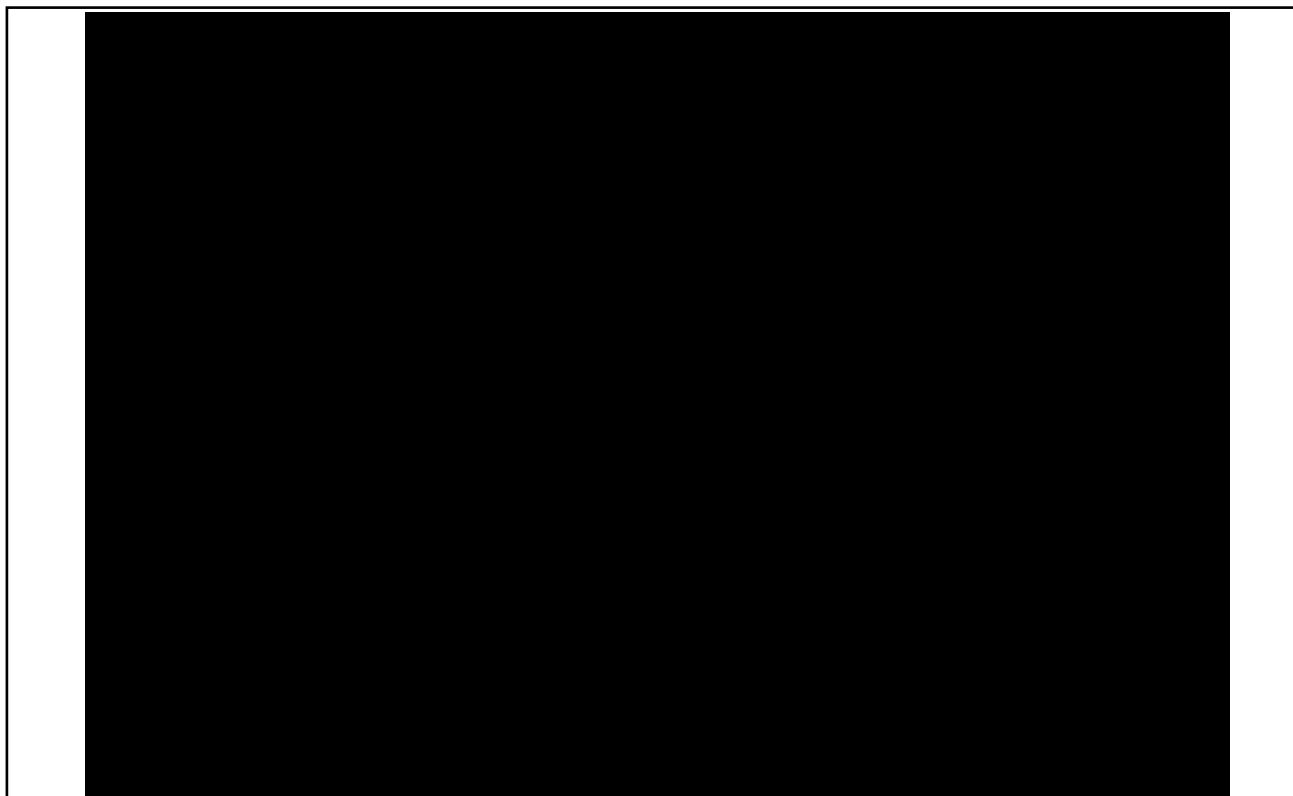


図-117 振動モード図（評価ケース No.2 トロリ位置：北側端（右端）6次モード）

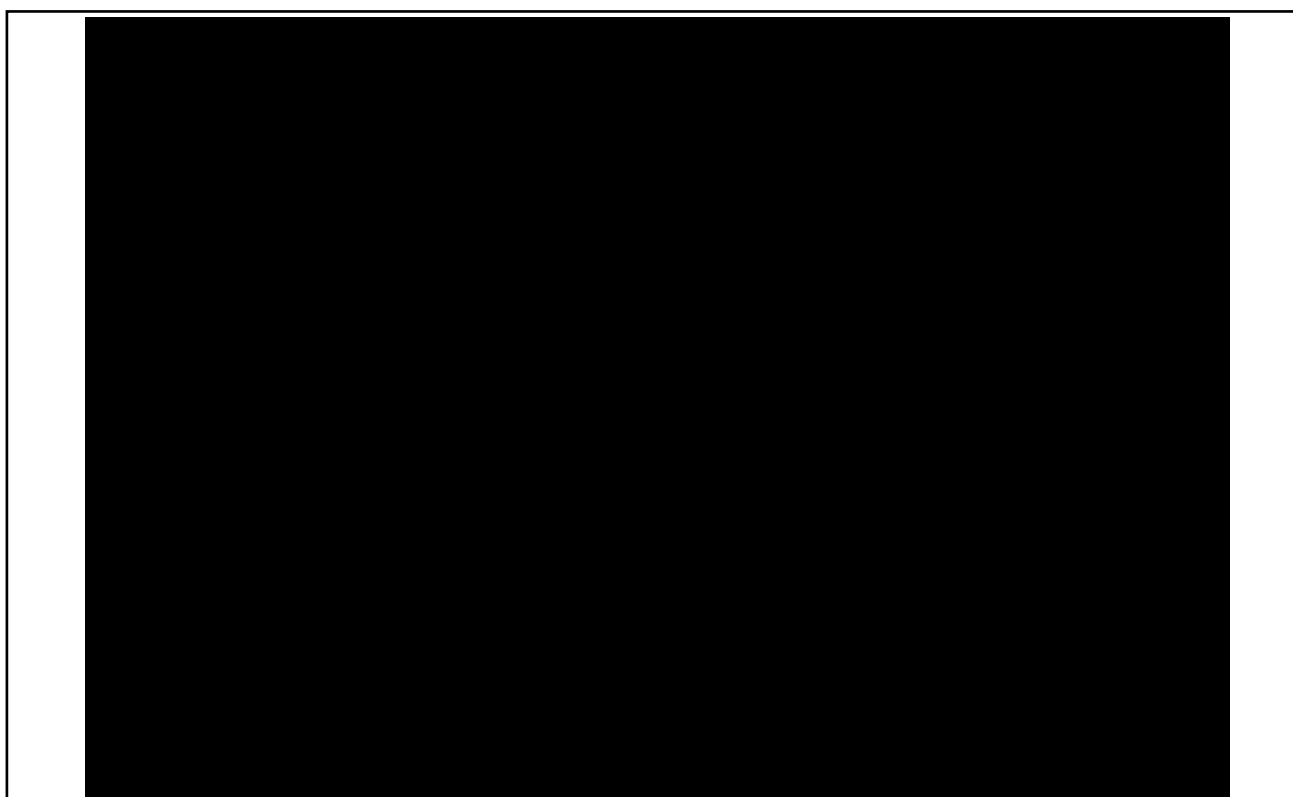


図-118 振動モード図（評価ケース No.2 トロリ位置：北側端（右端）7次モード）

2.4.4.3 評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端））

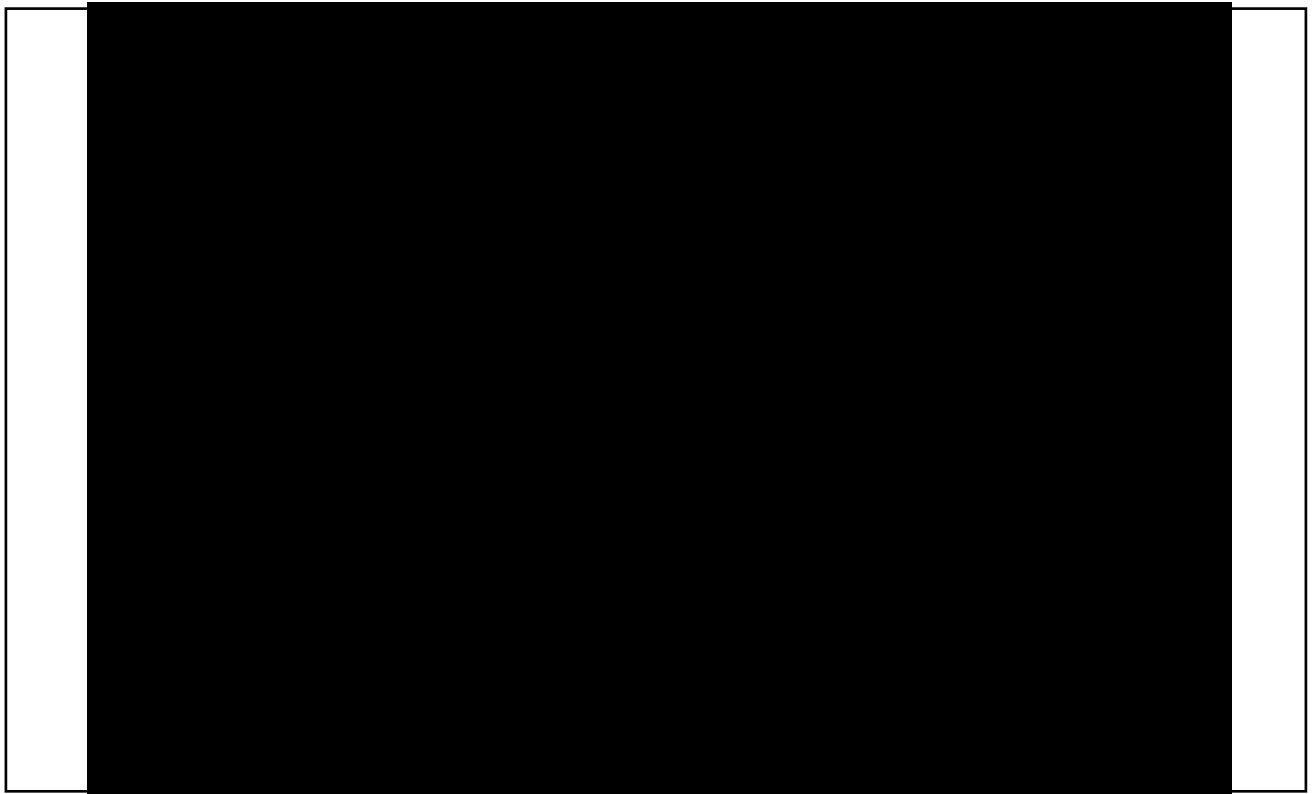
表－171 固有値解析結果（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）））

次数	固有周期 (s)	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	UD
1 次	0.0689	-5.49	0.14	180.40
2 次	0.0263	42.58	-0.50	19.90
3 次	0.0220	85.34	7.91	6.29
4 次	0.0176	14.01	-18.64	-2.60
5 次	0.0170	-9.42	-10.51	30.96
6 次	0.0143	17.67	-39.70	-3.95
7 次	0.0117	-10.52	-3.95	0.84

＊：刺激係数は、モード質量が1となるように固有ベクトルを正規化し、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をモード質量で除した値を示す。



図－119 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）1次モード））



図－120 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）2次モード））



図－121 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）3次モード））

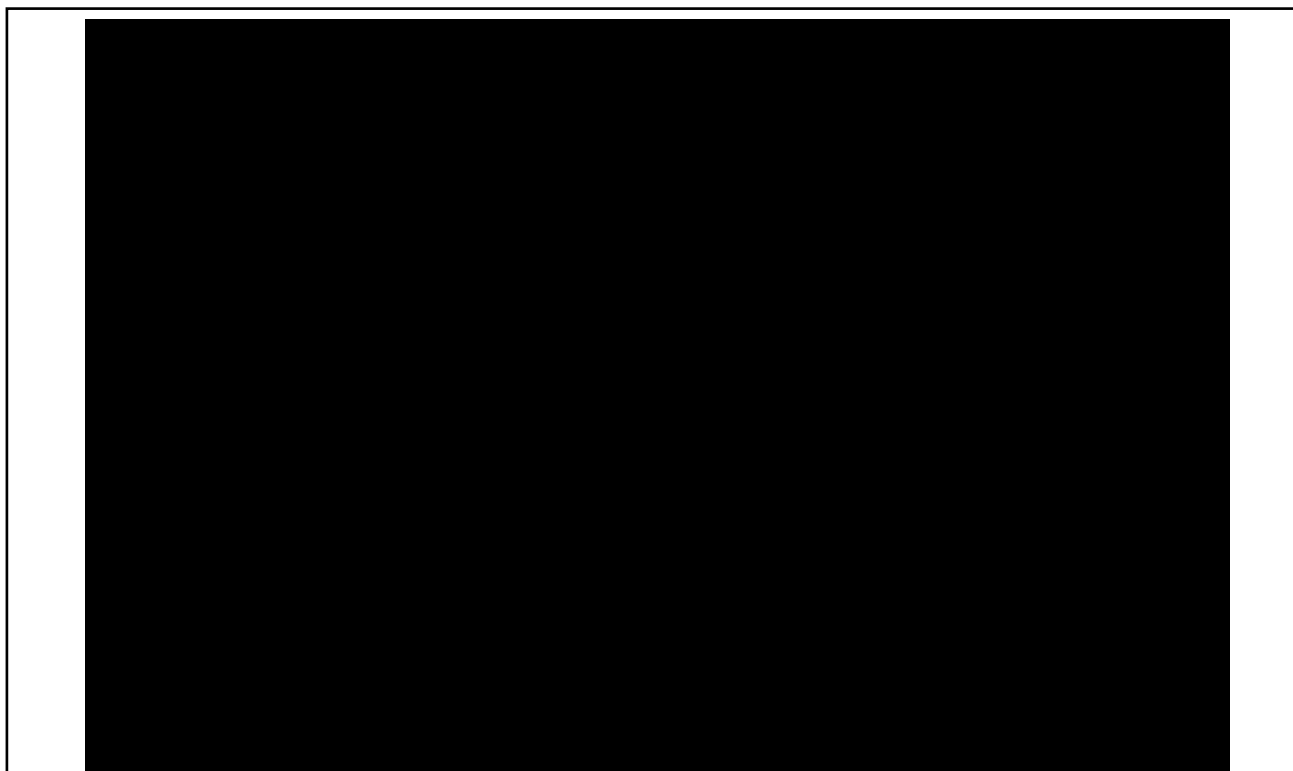


図-122 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）4次モード））

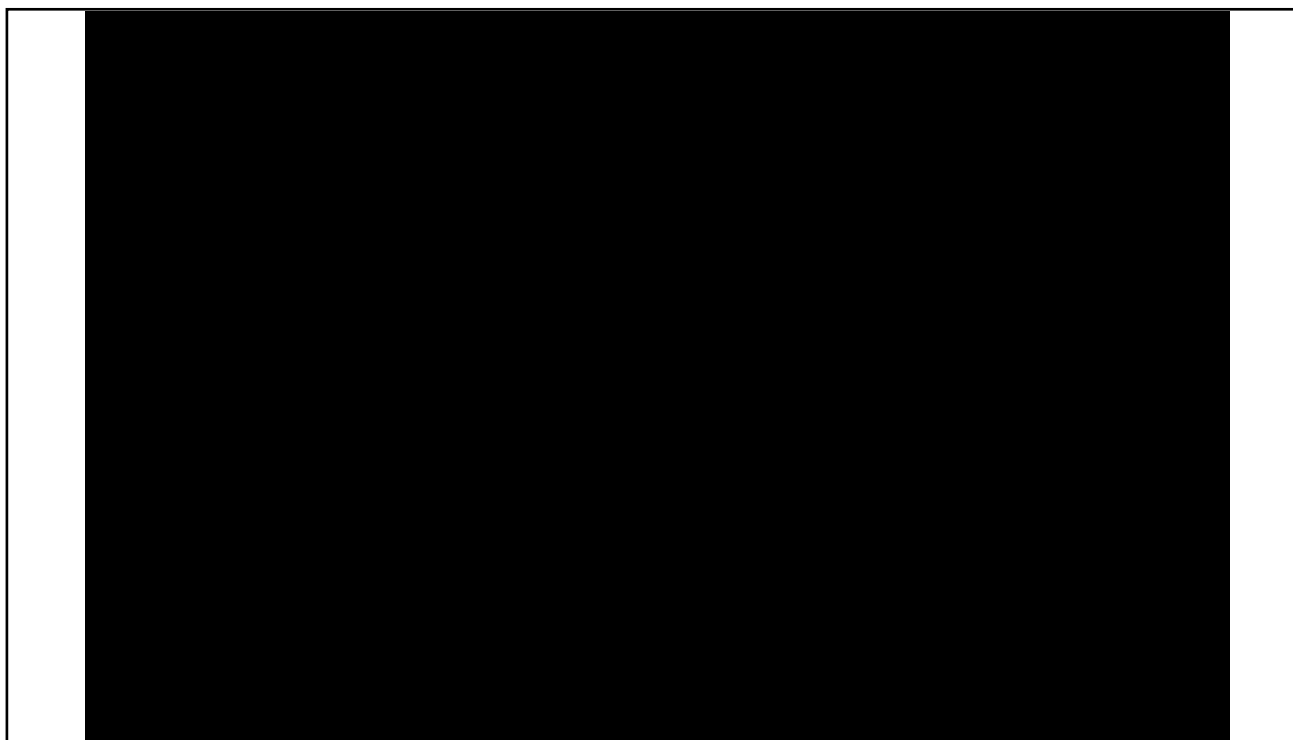


図-123 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）5次モード））

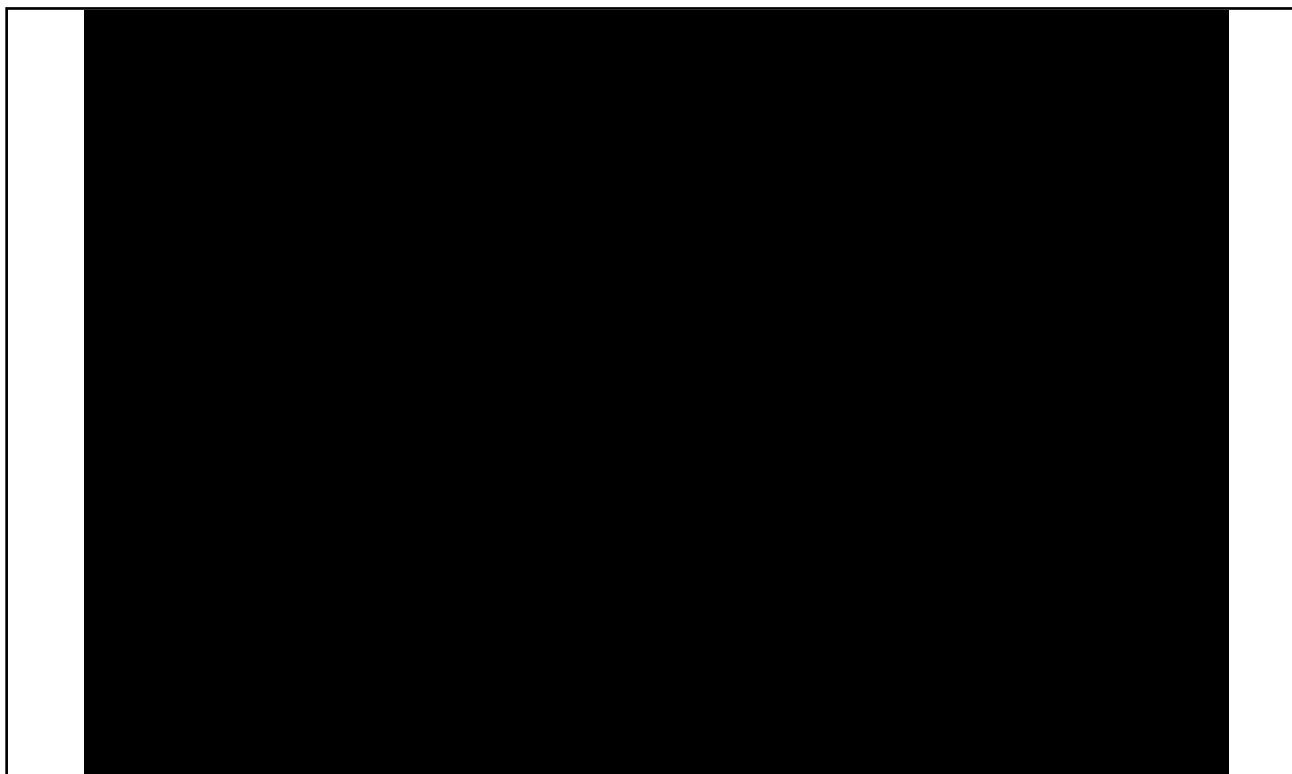


図-124 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）6次モード））

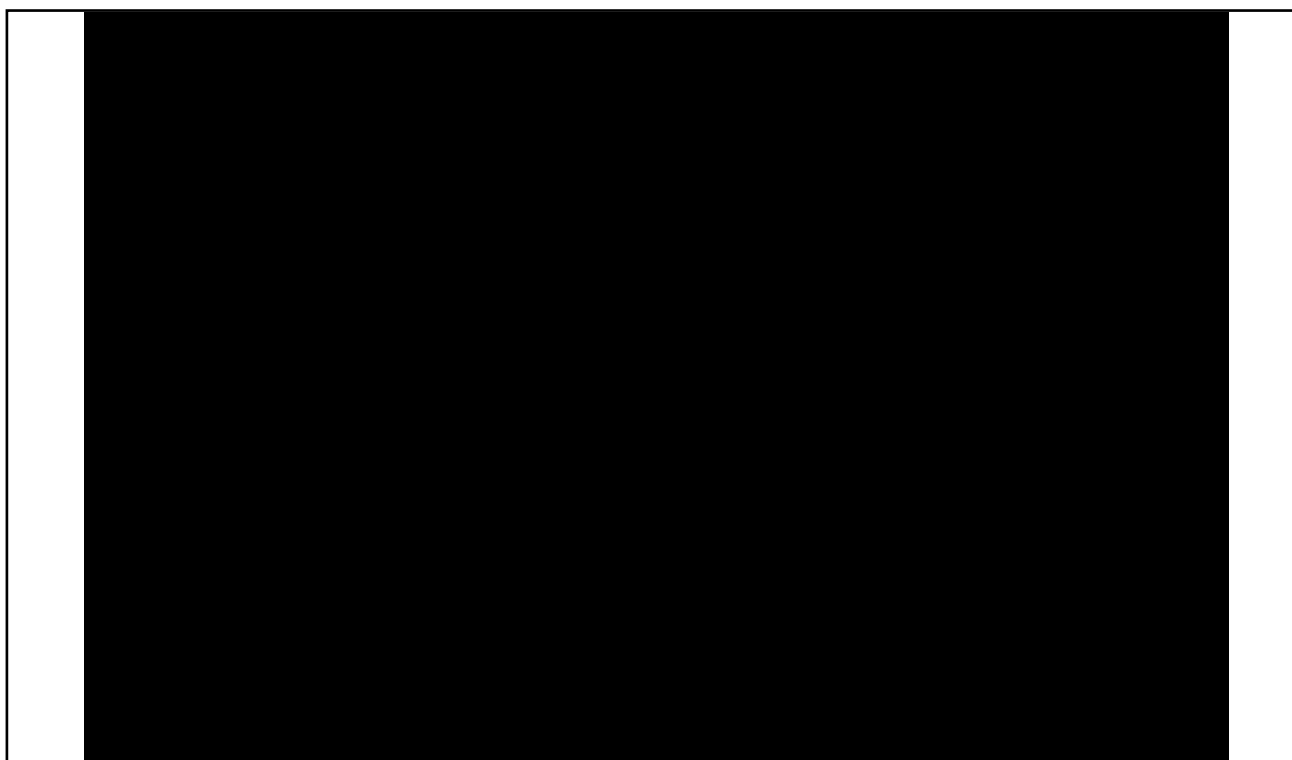


図-125 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：南側端（左端）7次モード））

2.4.5 スペクトルモーダル解析

- 耐震計算に用いる地震力は、「建屋の Ss900 による耐震性に関する評価結果」より算出した加速度応答スペクトルを使用する。図-126～図-128 に示す第 2 棟の床応答スペクトル (Ss900) を適用する。据付けレベルは、20t クレーン設置位置となる R 階 (T.P. +約 53.8m) を適用する。
- 床応答スペクトルは、建屋の固有周期のシフトを考慮して周期方向に $\pm 10\%$ 拡幅したものを用いる。
- 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。
- 応答スペクトル解析は、鉛直 UD、水平 NS、EW の 3 方向の入力、モード 7 次までのモード合成を行う。保守的にモード合成法は、絶対値和法を用いる。また、モード減衰比は 2%とする。

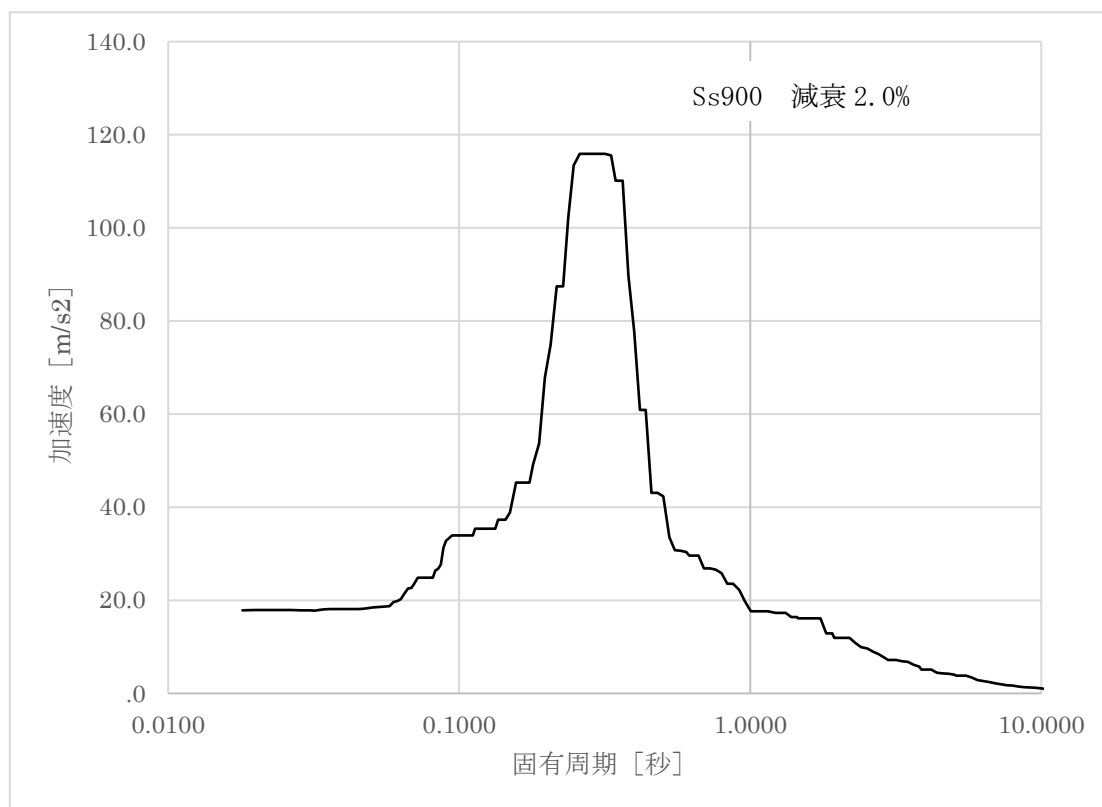


図-126 床応答スペクトル (RFL T.P. +約 53.8m, Ss900, NS 方向, $\pm 10\%$ 拡幅)

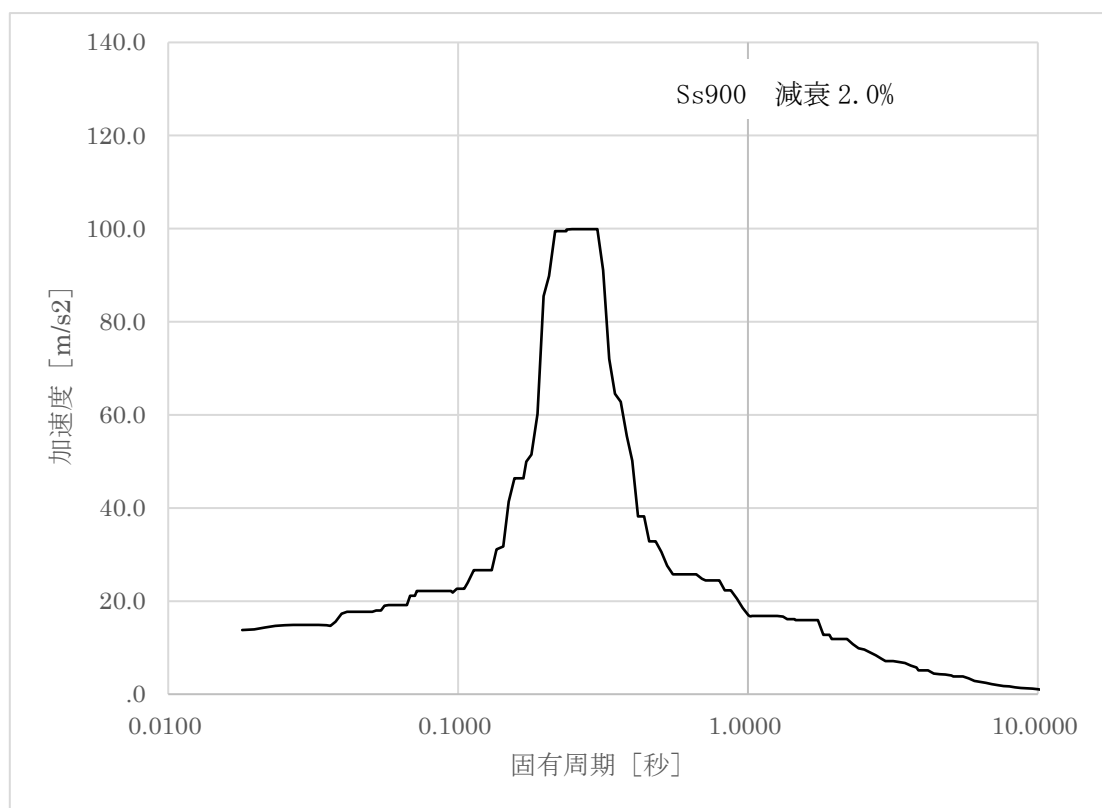


図-127 床応答スペクトル (RFL T.P.+約 53.8m, Ss900, EW 方向, $\pm 10\%$ 拡幅)

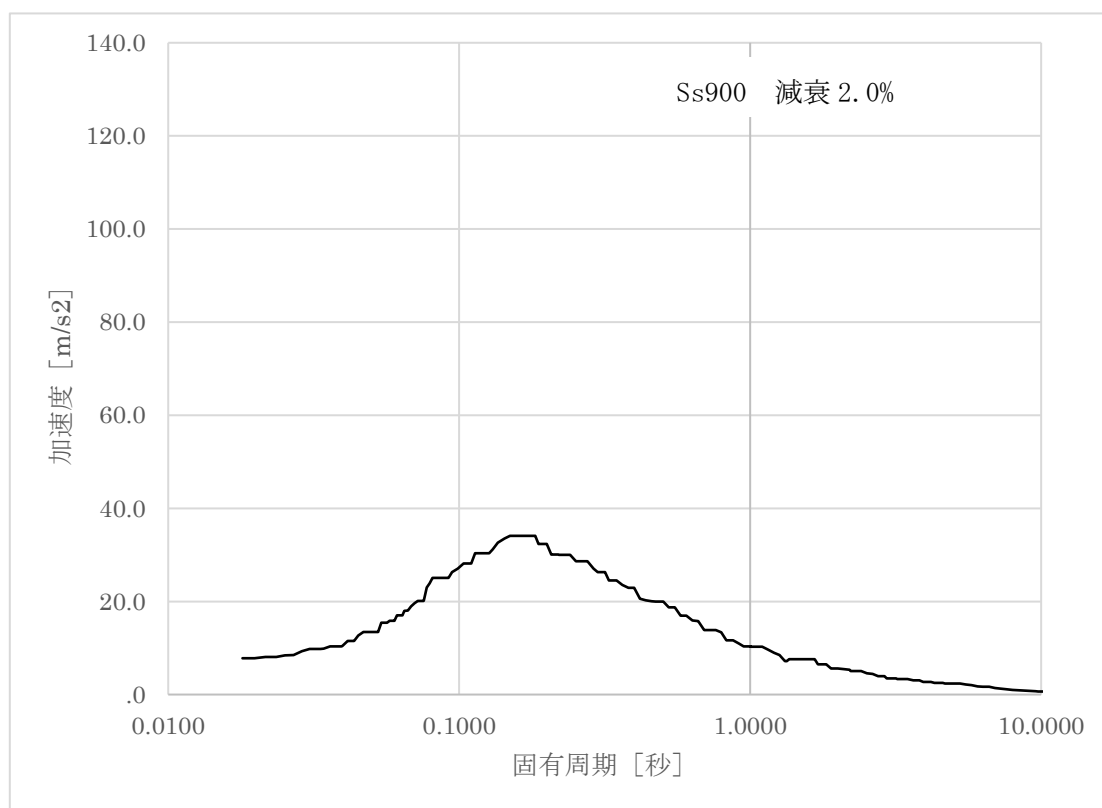


図-128 床応答スペクトル (RFL T.P.+約 53.8m, Ss900, UD 方向, $\pm 10\%$ 拡幅)

2.4.6 応力の評価

2.4.6.1 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。

	Ss900 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 $\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{v} \cdot 1.5$ 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^*	$\min \left(\frac{0.433 \cdot E \cdot A f}{1b \cdot h}, \frac{F^*}{1.5} \right) \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s^*	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} \quad \dots\dots\dots (2.4.6.1.1)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} \quad \dots\dots\dots (2.4.6.1.2)$$

$$v = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \quad \dots\dots\dots (2.4.6.1.3)$$

2.4.6.2 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。

	Ss900 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,

$$f_{to} = \frac{F^*}{2} \cdot 1.5 \quad \dots\dots\dots (2.4.6.4.2.1)$$

2.4.6.3 走行／横行浮上り防止治具の応力評価

2.4.6.3.1 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。

	Ss900 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t^*	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

2.4.6.3.2 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。

	Ss900 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{ts}^*	$f_{to} = \frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{so}^*	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

2.4.6.4 ランウェイガード基礎ボルトの応力評価

ランウェイガード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。

	Ss900 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,

$$f_{to} = \frac{F^*}{2} \cdot 1.5 \quad \dots\dots\dots (2.4.6.4.1)$$

2.4.6.5 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。

2.4.6.6 応力の評価方法

材料及び許容応力を表-172 に示し, 材料及び許容荷重を表-173 に示す。

表－172 材料及び許容応力

評価部位		使用材料	応力	許容応力 (MPa)
クレーン本体		SS400 (t≦16mm)	引張	272
			せん断	157
			圧縮	263
			曲げ	272
			組合せ	263
連結ボルト A 面		F10T	引張	676
			せん断	390
連結ボルト B 面		F10T	引張	676
			せん断	390
連結ボルト C 面		F10T	引張	676
			せん断	390
走行浮上り 防止治具	爪	SS400 (t≦16mm)	組合せ	272
	取付 ボルト	10. 9	引張	704
横行浮上り 防止治具	爪	SS400 (t≦16mm)	組合せ	272
	取付 ボルト	10. 9	引張	704
ランウェイ ガーダ 取付部材	基礎 ボルト	SNR490B	引張	329
			せん断	190

表－173 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 82A	支持荷重	1.151×10^6
フック	S45C	支持荷重	1.151×10^6

2.5 評価結果

評価結果は、表－174、175 に示すとおり、Ss900 に対して十分な強度を有していることを確認した。

表－174 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		SS400 (t≦16mm)	引張	3	272
			せん断	33	157
			圧縮	3	263
			曲げ	143	272
			組合せ	150	263
連結ボルト A 面		F10T	引張	12	676
			せん断	45	390
連結ボルト B 面		F10T	引張	69	676
			せん断	19	390
連結ボルト C 面		F10T	引張	45	676
			せん断	12	390
走行浮上り 防止治具	爪	SS400 (t≦16mm)	組合せ	173	272
	取付 ボルト	10. 9	引張	213	704
横行浮上り 防止治具	爪	SS400 (t≦16mm)	組合せ	140	272
	取付 ボルト	10. 9	引張	444	704
ランウェイ ガーダ 取付部材	基礎 ボルト	SNR490B	引張	105	329
			せん断	5	190

表－175 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 82A	支持荷重	1.056×10^6	1.151×10^6
フック	S45C	支持荷重	1.056×10^6	1.151×10^6

2.6 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）

2.6.1 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-129を用いて計算する。

(1) 引張応力： σ_{t1}

$$\sigma_{t1} = \frac{R_1}{A_1} \dots\dots\dots (2.6.1.1)$$

σ_{t1} : クレーン本体部材に作用する引張応力 3 (MPa)

A_1 : R_1 軸方向の断面積 2.456×10^4 (mm²)

R_1 : クレーン本体部材の長手方向に作用する引張, 圧縮力 5.268×10^4 (N)

(2) セン断応力： τ_1

$$\tau_1 = \max \left\{ \left(\frac{R_2}{A_2} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p1}} \right), \left(\frac{R_3}{A_3} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.6.1.2)$$

τ_1 : クレーン本体部材に作用するせん断応力 33 (MPa)

A_2 : R_2 軸方向のせん断断面積 9.024×10^3 (mm²)

A_3 : R_3 軸方向のせん断断面積 1.080×10^4 (mm²)

R_2 : クレーン本体部材の鉛直方向に作用するせん断力 2.593×10^5 (N)

R_3 : クレーン本体部材の短手方向に作用するせん断力 6.540×10^4 (N)

M_1 : R_1 軸廻りのモーメント 1.423×10^7 (N・mm)

Z_{p1} : クレーン本体部材における R_2 軸方向の M_1 を受ける
ねじり断面係数 4.193×10^6 (mm³)

Z_{p2} : クレーン本体部材における R_3 軸方向の M_1 を受ける
ねじり断面係数 4.193×10^6 (mm³)

(3) 圧縮応力： σ_{c1}

$$\sigma_{c1} = \frac{R_1}{A_1} \dots\dots\dots (2.6.1.3)$$

σ_{c1} : クレーン本体部材に作用する圧縮応力 3 (MPa)

A_1 : R_1 軸方向の断面積 2.456×10^4 (mm²)

R_1 : クレーン本体部材の長手方向に作用する引張, 圧縮力 5.268×10^4 (N)

(4) 曲げ応力： σ_{b1}

$$\sigma_{b1} = \frac{M_2}{Z_2} + \frac{M_3}{Z_1} \dots\dots\dots (2.6.1.4)$$

σ_{b1} : クレーン本体部材に作用する曲げ応力	143 (MPa)
M_2 : R_2 軸廻りのモーメント	6.254×10^8 (N・mm)
M_3 : R_3 軸廻りのモーメント	4.443×10^7 (N・mm)
Z_1 : M_3 を受ける断面係数	5.888×10^6 (mm ³)
Z_2 : M_2 を受ける断面係数	4.633×10^6 (mm ³)

(5) 組合せ応力

a. 組合せ軸応力： σ_1

$$\sigma_1 = \frac{R_1}{A_1} + \frac{M_2}{Z_2} + \frac{M_3}{Z_1} \dots\dots\dots (2.6.1.5)$$

σ_1 : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力	145 (MPa)
A_1 : R_1 軸方向の断面積	2.456×10^4 (mm ²)
M_2 : R_2 軸廻りのモーメント	6.254×10^8 (N・mm)
M_3 : R_3 軸廻りのモーメント	4.443×10^7 (N・mm)
R_1 : クレーン本体部材の長手方向に作用する引張, 圧縮力	5.268×10^4 (N)
Z_1 : M_3 を受ける断面係数	5.888×10^6 (mm ³)
Z_2 : M_2 を受ける断面係数	4.633×10^6 (mm ³)

b. せん断応力： τ_1

$$\tau_1 = \max \left\{ \left(\frac{R_2}{A_2} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p1}} \right), \left(\frac{R_3}{A_3} \right) + \left(\frac{M_1}{Z_{p2}} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.6.1.6)$$

τ_1 : クレーン本体部材に作用するせん断応力	20 (MPa)
A_2 : R_2 軸方向のせん断断面積	1.408×10^4 (mm ²)
A_3 : R_3 軸方向のせん断断面積	1.049×10^4 (mm ²)
R_2 : クレーン本体部材の鉛直方向に作用するせん断力	2.609×10^5 (N)
R_3 : クレーン本体部材の短手方向に作用するせん断力	2.912×10^4 (N)
M_1 : R_1 軸廻りのモーメント	6.246×10^6 (N・mm)
Z_{p1} : クレーン本体部材における R_2 軸方向の M_1 を受ける ねじり断面係数	8.836×10^6 (mm ³)
Z_{p2} : クレーン本体部材における R_3 軸方向の M_1 を受ける ねじり断面係数	8.836×10^6 (mm ³)

c. 組合せ応力： σ_{k1}

$$\sigma_{k1} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3 \times \tau_1^2} \dots\dots\dots (2.6.1.7)$$

σ_{k1} : クレーン本体部材に作用する組合せ応力 150 (MPa)

σ_1 : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力 145 (MPa)

τ_1 : クレーン本体部材に作用するせん断応力 20 (MPa)

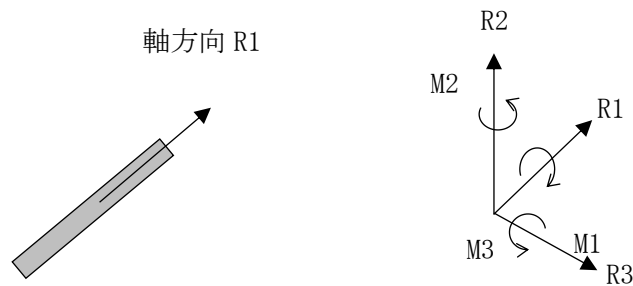


図-129 クレーン本体部材の軸方向

2.6.2 連結ボルトの応力

連結ボルトに加わる荷重はスペクトルモーダル解析により求める。連結ボルトの応力は図-130～132を用いて計算する。

(1) 連結ボルト 1 本あたりに作用する応力 (連結ボルト A 面)

a. 引張応力： σ_{t2}

$$\sigma_{t2} = \frac{T_H}{A_4} \dots\dots\dots (2.6.2.1)$$

σ_{t2} : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 12 (MPa)

A_4 : 連結ボルト断面積 314 (mm²)

T_H : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張力 3.680×10^3 (N)

b. せん断応力： σ_{s1}

$$\sigma_{s1} = \frac{S_{H1}}{A_4} \dots\dots\dots (2.6.2.2)$$

σ_{s1} : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 45 (MPa)

A_4 : 連結ボルト断面積 314 (mm²)

S_{H1} : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断力 1.408×10^4 (N)

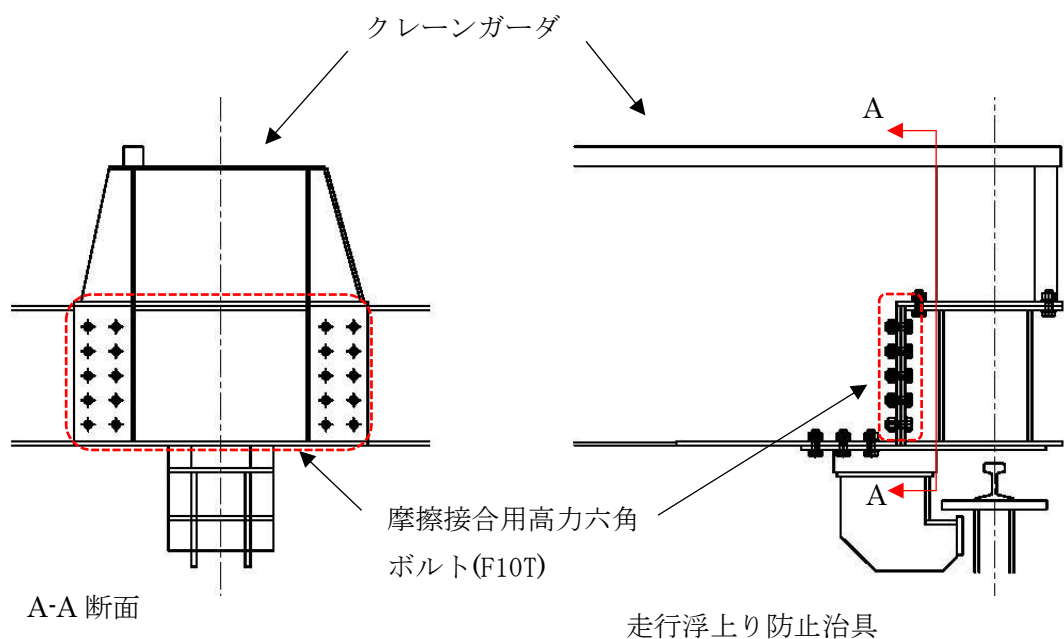


図-130 クレーンガーダ連結部（連結ボルト A 面）

(2) 連結ボルト 1 本当たりに作用する応力（連結ボルト B 面）

a. 引張応力： σ_{t2}

$$\sigma_{t2} = \frac{T_H}{A_4} \dots\dots\dots (2.6.2.3)$$

σ_{t2} : 連結ボルト 1 本当たりに作用する引張応力 69 (MPa)

A_4 : 連結ボルト断面積 314 (mm²)

T_H : 連結ボルト 1 本当たりに作用する引張力 2.166×10^4 (N)

b. せん断応力： σ_{s1}

$$\sigma_{s1} = \frac{S_{H1}}{A_4} \dots\dots\dots (2.6.2.4)$$

σ_{s1} : 連結ボルト 1 本当たりに作用するせん断応力 19 (MPa)

A_4 : 連結ボルト断面積 314 (mm²)

S_{H1} : 連結ボルト 1 本当たりに作用するせん断力 5.662×10^3 (N)

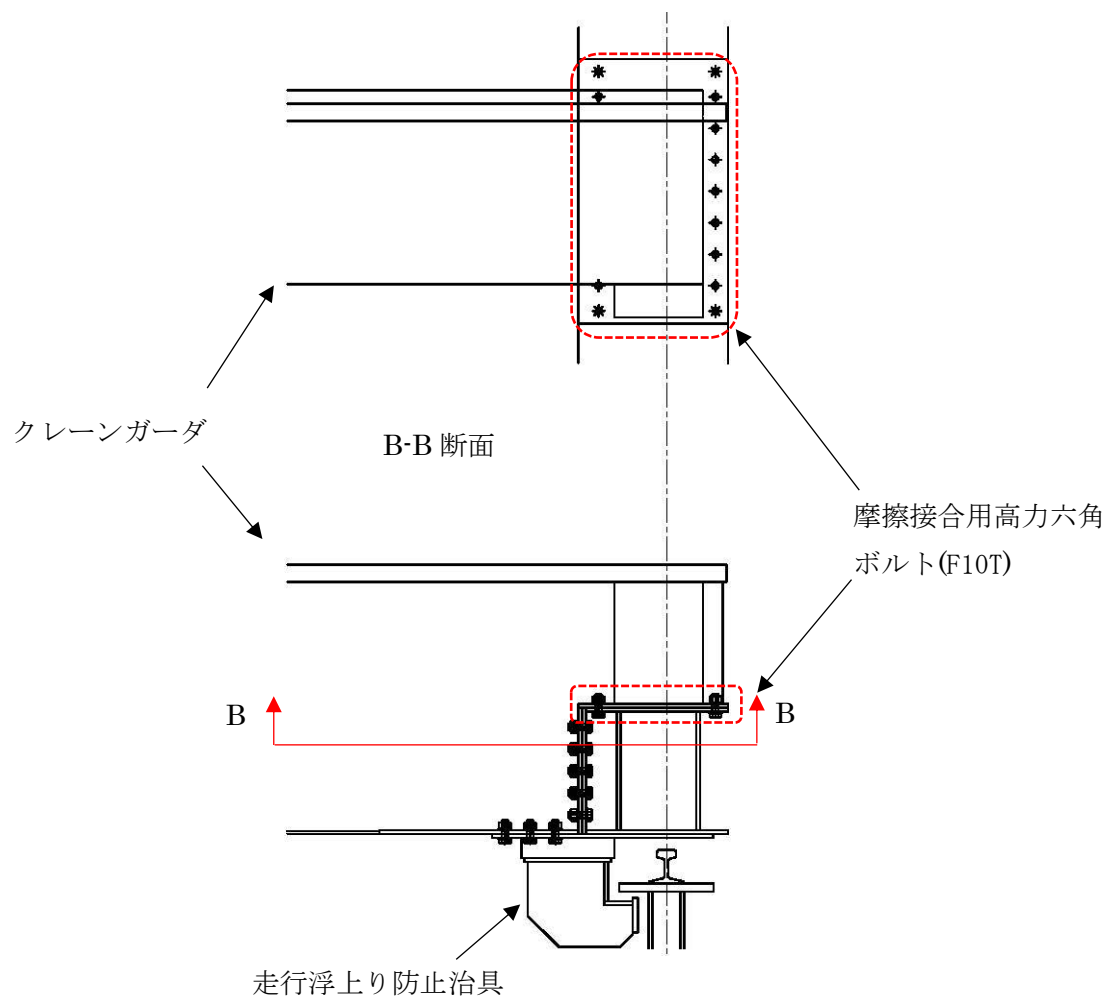


図-131 クレーンガーダ連結部（連結ボルト B 面）

(3) 連結ボルト 1 本あたりに作用する応力 (連結ボルト C 面)

a. 引張応力 : σ_{t2}

$$\sigma_{t2} = \frac{T_H}{A_4} \dots\dots\dots (2.6.2.5)$$

σ_{t2} : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張応力 45 (MPa)

A_4 : 連結ボルト断面積 314 (mm²)

T_H : 連結ボルト 1 本あたりに作用する引張力 1.408×10^4 (N)

b. せん断応力 : σ_{s1}

$$\sigma_{s1} = \frac{S_{H1}}{A_4} \dots\dots\dots (2.6.2.6)$$

σ_{s1} : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力 12 (MPa)

A_4 : 連結ボルト断面積 314 (mm²)

S_{H1} : 連結ボルト 1 本あたりに作用するせん断力 3.680×10^3 (N)

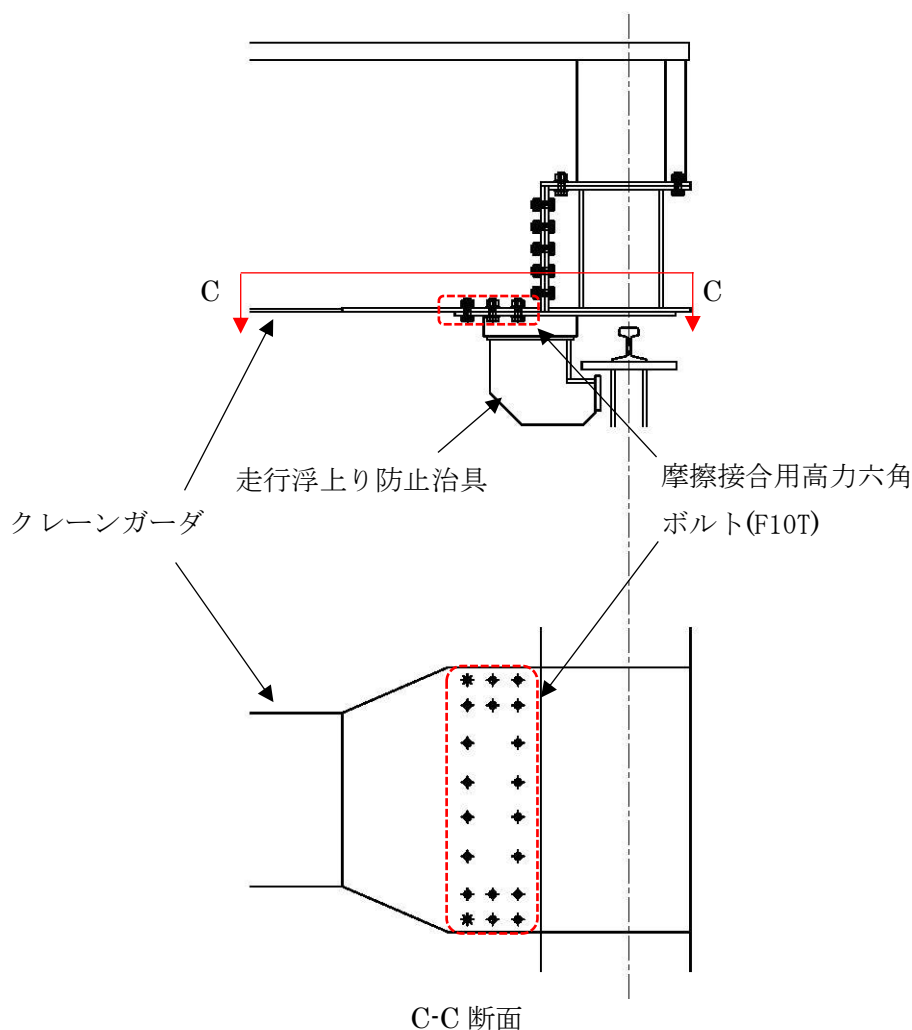


図-132 クレーンガーダ連結部 (連結ボルト C 面)

2.6.3 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-133, 134 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-135 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： σ_{b2}

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{v1} \times L_1}{Z_3} \dots\dots\dots (2.6.3.1)$$

σ_{b2} : 横行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力 148 (MPa)

F_{v1} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10^5 (N)

L_1 : F_{v1} 作用位置から評価面までの距離 98 (mm)

Z_3 : 横行浮上り防止爪先端の断面係数 9.434×10^4 (mm³)

b. せん断応力： τ_2

$$\tau_2 = \frac{F_{v1}}{A_{s1}} \dots\dots\dots (2.6.3.2)$$

τ_2 : 横行浮上り防止爪（先端）に作用するせん断応力 51 (MPa)

A_{s1} : 横行浮上り防止爪先端のせん断断面積 2.837×10^3 (mm²)

F_{v1} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10^5 (N)

c. 組合せ応力： σ_{k2}

$$\sigma_{k2} = \sqrt{\sigma_{b2}^2 + 3\tau_2^2} \dots\dots\dots (2.6.3.3)$$

σ_{k2} : 横行浮上り防止爪（先端）に作用する組合せ応力 173 (MPa)

σ_{b2} : 横行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力 148 (MPa)

τ_2 : 横行浮上り防止爪（先端）に作用するせん断応力 51 (MPa)

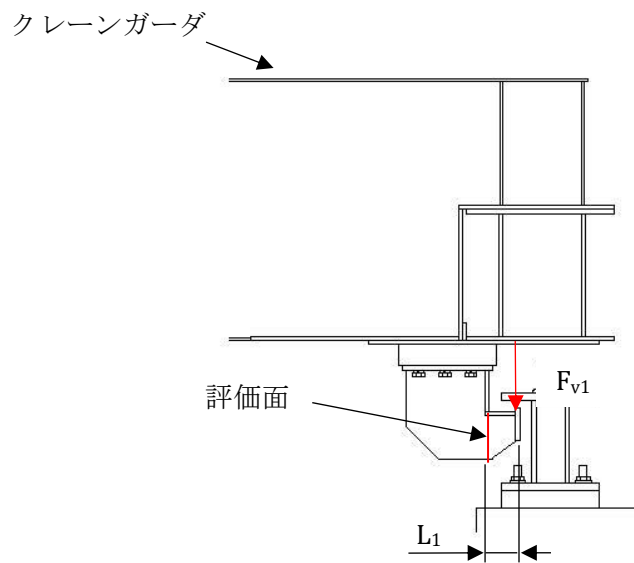


図-133 走行浮上り防止爪（先端）

(2) 走行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： σ_{b3}

$$\sigma_{b3} = \frac{F_{v1} \times L_2}{Z_4} \dots\dots\dots (2.6.3.4)$$

σ_{b3} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 100 (MPa)

F_{v1} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10^5 (N)

L_2 : 横行浮上り防止爪根本中心から F_{v1} 作用位置までの長さ 221 (mm)

Z_4 : 横行浮上り防止爪根本の断面係数 3.149×10^5 (mm³)

b. 引張応力： σ_{t3}

$$\sigma_{t3} = \frac{F_{v1}}{A_5} \dots\dots\dots (2.6.3.5)$$

σ_{t3} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する引張応力 19 (MPa)

A_5 : 横行浮上り防止爪根本の断面積 7776 (mm²)

F_{v1} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10^5 (N)

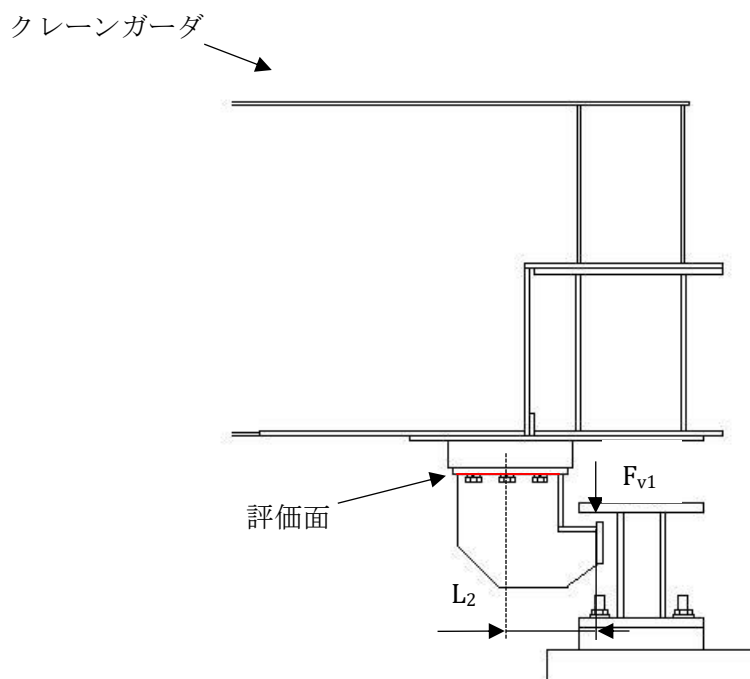
c. 組合せ応力： σ_{k3}

$$\sigma_{k3} = \sigma_{b3} + \sigma_{t3} \quad \dots\dots\dots (2.6.3.6)$$

σ_{k3} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する組合せ応力 119 (MPa)

σ_{b3} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 100 (MPa)

σ_{t3} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する引張応力 19 (MPa)



図－134 走行浮上り防止爪（根本）

(3) 走行浮上り防止爪取付ボルトのボルト 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

$$T_1 = \frac{F_{v1}}{8} + \frac{M_4}{(4 \times 160)} \quad \dots\dots\dots (2.6.3.7)$$

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引張力 6.675×10⁴ (N)

F_{v1} : クレーン本体浮上り時に走行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10⁵ (N)

M_4 : 走行浮上り防止装置爪から取付ボルト（A）に作用するモーメント 3.136×10⁷ (N・mm)

走行浮上り防止爪の取付ボルト本数： 8 (－)

曲げ方向を負担する走行浮上り防止爪の取付ボルト本数： 4 (－)

曲げ方向を負担する走行浮上り防止取付ボルト間距離： 160 (mm)

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

$$\sigma_{t4} = \frac{T_1}{A_6} \dots\dots\dots (2.6.3.8)$$

σ_{t4} : 走行浮上り防止爪取付ボルト (A) 1 本あたりに
作用する引張応力 213 (MPa)

A_6 : 走行浮上り防止爪取付ボルト (A) の断面積 314 (mm²)

T_1 : 走行浮上り防止爪取付ボルト (A) 1 本あたりに
作用する引張力 6.675×10^4 (N)

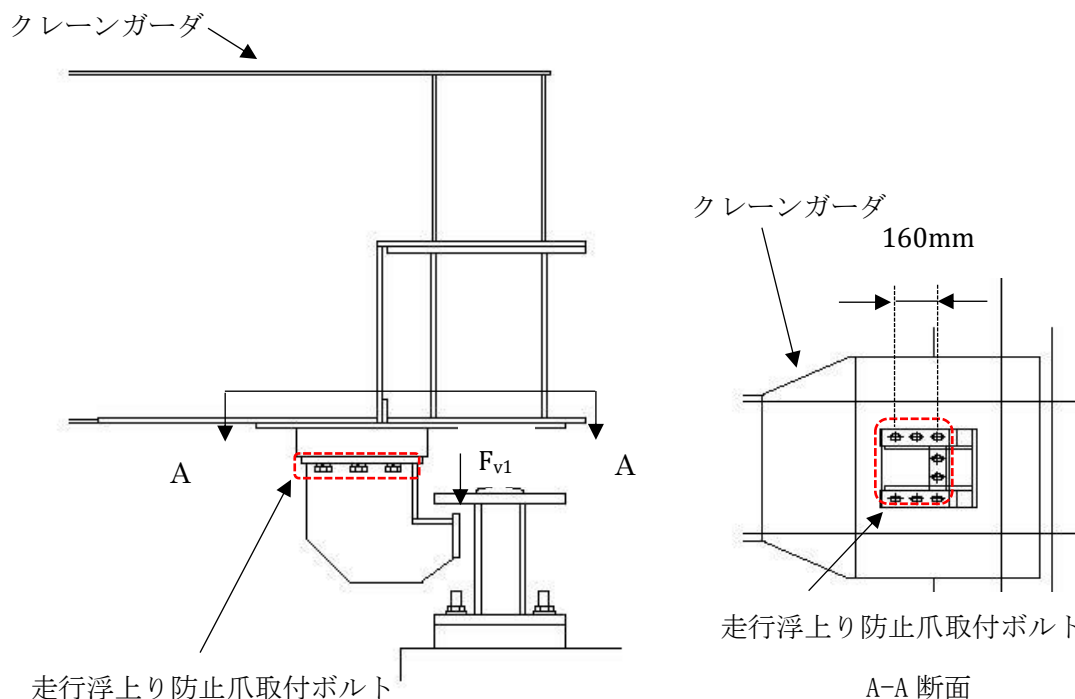


図-135 走行浮上り防止爪取付ボルト

2.6.4 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-136, 137 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-138 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： σ_{b4}

$$\sigma_{b4} = \frac{F_{v2} \times L_6}{Z_5} \dots\dots\dots (2.6.4.1)$$

σ_{b4} : 横行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力 107 (MPa)

F_{v2} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 2.178×10^5 (N)

L_6 : F_{v2} 作用位置から評価面までの距離 67 (mm)

Z_5 : 横行浮上り防止爪先端の断面係数 1.373×10^5 (mm³)

b. せん断応力： τ_4

$$\tau_4 = \frac{F_{v2}}{A_{S3}} \dots\dots\dots (2.6.4.2)$$

τ_4 : 横行浮上り防止爪（先端）に作用するせん断応力 52 (MPa)

A_{S3} : 横行浮上り防止爪先端のせん断断面積 4192 (mm²)

F_{v2} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 2.178×10^5 (N)

c. 組合せ応力： σ_{k4}

$$\sigma_{k4} = \sqrt{\sigma_{b4}^2 + 3\tau_4^2} \dots\dots\dots (2.6.4.3)$$

σ_{k4} : 横行浮上り防止爪（先端）に作用する組合せ応力 140 (MPa)

σ_{b4} : 横行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力 107 (MPa)

τ_4 : 横行浮上り防止爪（先端）に作用するせん断応力 52 (MPa)

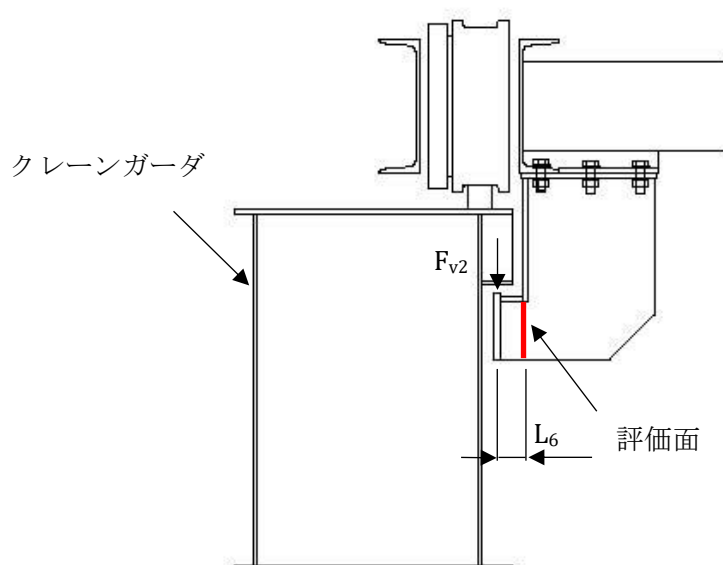


図-136 横行浮上り防止爪（先端）

(2) 横行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： σ_{b5}

$$\sigma_{b5} = \frac{F_{v2} \times L_7}{Z_6} \dots\dots\dots (2.6.4.4)$$

σ_{b5} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 72 (MPa)

F_{v2} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 2.178×10^5 (N)

L_7 : 横行浮上り防止爪根本中心から F_{v2} 作用位置までの長さ 208 (mm)

Z_6 : 横行浮上り防止爪根本の断面係数 6.317×10^5 (mm³)

b. 引張応力： σ_{t5}

$$\sigma_{t5} = \frac{F_{v2}}{A_8} \dots\dots\dots (2.6.4.5)$$

σ_{t5} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する引張応力 17 (MPa)

A_8 : 横行浮上り防止爪根本の断面積 1.349×10^4 (mm²)

F_{v2} : トロリ浮上り時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 2.178×10^5 (N)

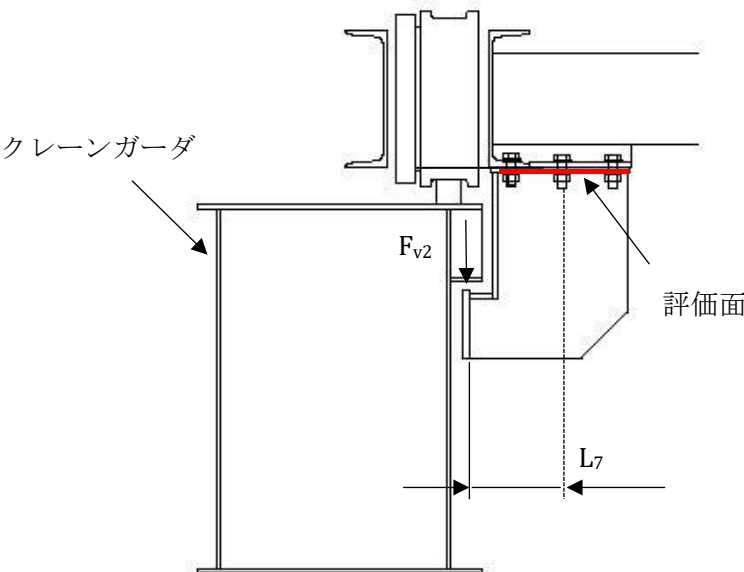
c. 組合せ応力： σ_{k5}

$$\sigma_{k5} = \sigma_{b5} + \sigma_{t5} \dots\dots\dots (2.6.4.6)$$

σ_{k5} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する組合せ応力 89 (MPa)

σ_{b5} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 72 (MPa)

σ_{t5} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する引張応力 17 (MPa)



図－137 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引張力： T_2

$$T_2 = \frac{F_{v2}}{6} + \frac{M_5}{220 \times 2} \dots\dots\dots (2.6.4.7)$$

T_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 1.393×10^5 (N)

F_{y2} : トロリ浮上時に横行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 2.178×10^5 (N)

M_5 : 横行浮上り防止爪から取付ボルトに作用するモーメント 4.531×10^7 (N・mm)

横行浮上り防止取付ボルト全数： 6 (一)

曲げ方向を負担する横行浮上り防止取付ボルト本数： 2 (一)

曲げ方向を負担する横行浮上り防止取付ボルト間距離： 220 (mm)

b. 引張応力： σ_{t6}

$$\sigma_{t6} = \frac{T_2}{A_9} \dots\dots\dots (2.6.4.8)$$

σ_{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

A₉ : 横行浮上り防止爪取付ボルトの断面積 314 (mm²)

T_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 1.393×10^5 (N)

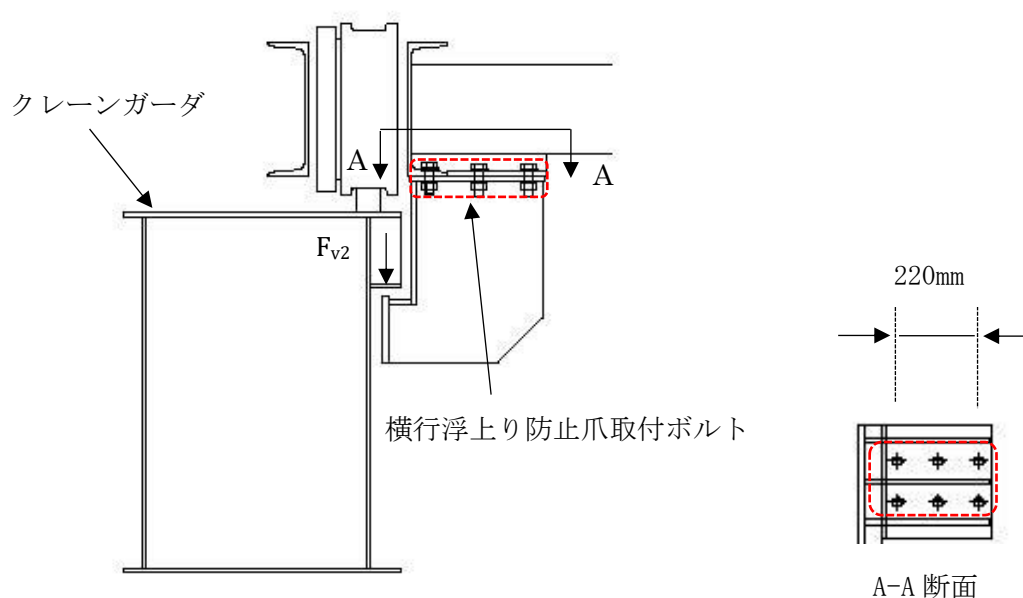


図-138 横行浮上り防止爪取付ボルト

2.6.5 ランウェイガード基礎ボルト1個あたりに作用する応力

ランウェイガード基礎ボルト1個あたりに作用する応力は図-139を用いて計算する。

a. 基礎ボルト1本あたりに作用する引張力： T_3

$$T_3 = \frac{F_{v1}}{6} + \frac{M_6}{200 \times 3} \dots\dots\dots (2.6.5.1)$$

T_3 : 基礎ボルト1本あたりに作用する引張力 4.707×10^4 (N)

F_{v1} : クレーン本体浮上り時に走行浮上り防止爪に作用する鉛直荷重 1.419×10^5 (N)

M_6 : 走行浮上り防止爪から取付ボルトに作用するモーメント 1.405×10^7 (N・mm)

基礎ボルトの全数 : 6 (—)

曲げ方向を負担する基礎ボルトの本数 : 3 (—)

曲げ方向を負担する基礎ボルト間距離 : 200 (mm)

b. 基礎ボルト1本あたりに作用する引張応力： σ_{t7}

$$\sigma_{t7} = \frac{T_3}{A_{10}} \dots\dots\dots (2.6.5.2)$$

σ_{t7} : 基礎ボルト1本あたりに作用する引張応力 105 (MPa)

A_{10} : 基礎ボルトの断面積 452 (mm²)

T_3 : 基礎ボルト1本あたりに作用する引張力 4.707×10^4 (N)

c. 基礎ボルト1本あたりに作用するせん断応力： τ_5

$$\tau_5 = \frac{F_{h1}}{A_{10} \times 6} \dots\dots\dots (2.6.5.3)$$

τ_5 : 基礎ボルト1本あたりに作用するせん断応力 5 (MPa)

F_{h1} : クレーン本体浮上り時に走行浮上り防止爪に作用する水平荷重 1.169×10^4 (N)

A_{10} : 基礎ボルトの断面積 452 (mm²)

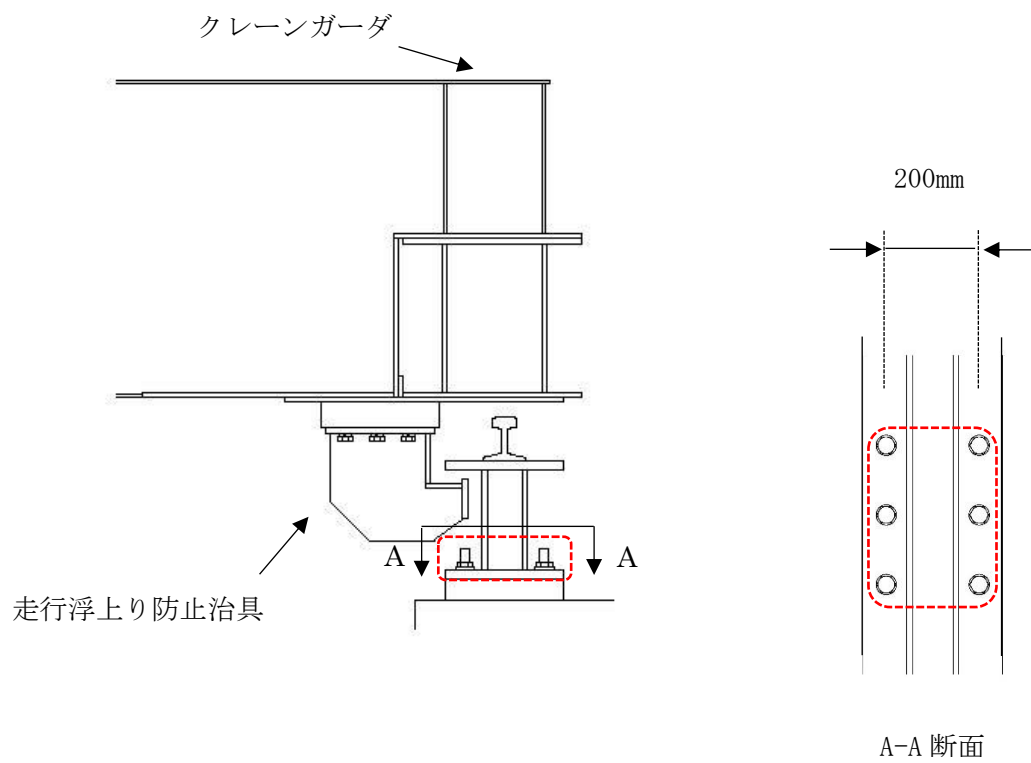


図-139 ランウェイガーダ取付部材(基礎ボルト)

2.6.6 吊具の荷重計算方法

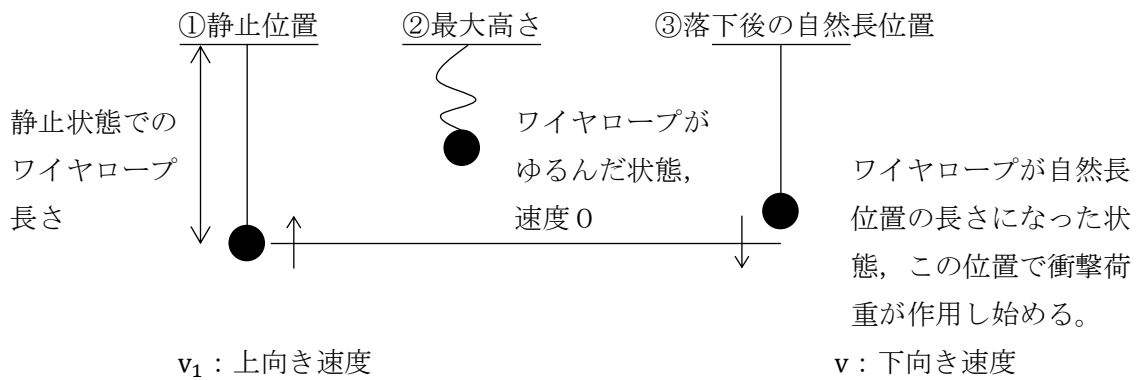
クレーンの吊具荷重を受ける各部は、クレーン本体、トロリ、ワイヤロープ及びフックで、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により落下に至る可能性があるワイヤロープとフックを評価対象とする。

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 2.4.4 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-140 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

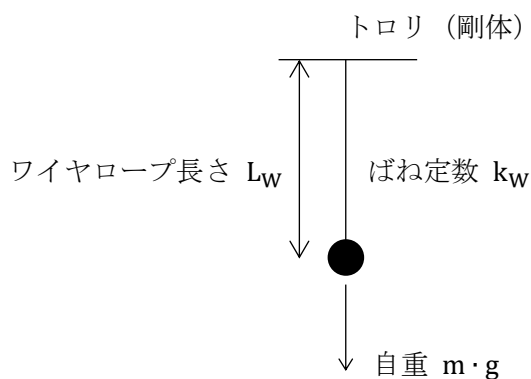
$$v = v_1$$

として評価を行う。

図-140 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。



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	0.22 (s)
k_W	ワイヤロープのばね定数	1.638×10^4 (N/mm)
m	吊荷の質量	20400 (kg)

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	215 (mm ²)
E_W	ワイヤロープの縦弾性係数	8.336×10^4 (N/mm ²)
L_W	ワイヤロープ長さ	1094 (mm)
n_W	ワイヤロープ本数	1 (—)

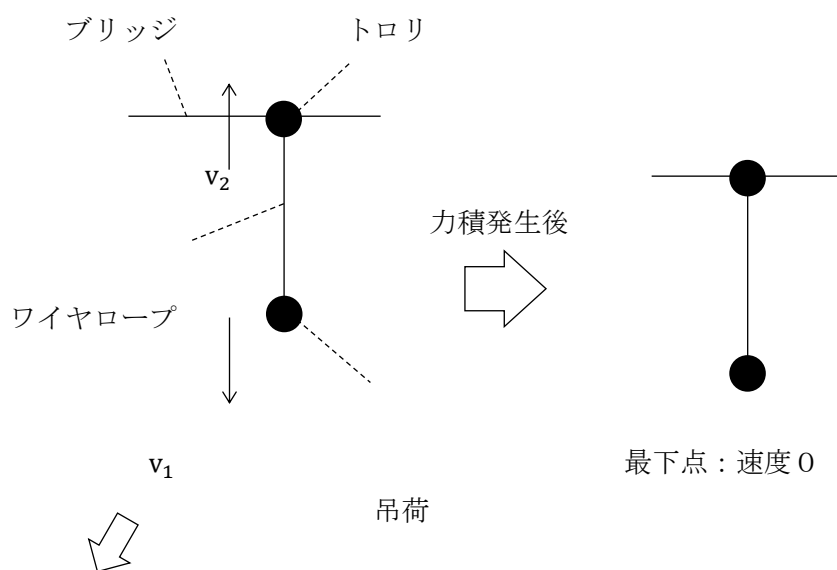
(3) 吊荷に作用する衝撃荷重

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-141, 142 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。

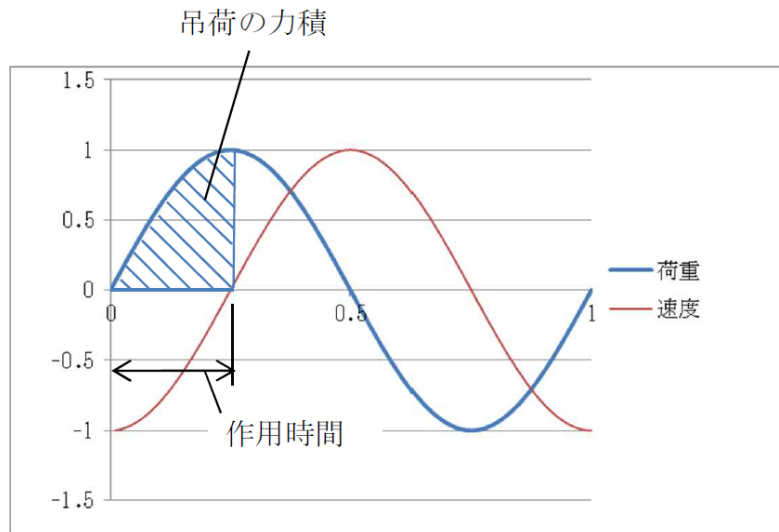
$$(\text{力積}) : \int_0^{\frac{T_W}{4}} F \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T_W}\right) \cdot dt$$

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



相対速度($v_1 + v_2$)とする。

図-141 吊荷落下後の速度変化



図－142 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 1.056×10^6 (N)
に発生する荷重

m : 吊荷の質量 20400 (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 0.22 (s)
吊荷の固有周期

v_1 : 吊荷の最大速度 1059.78 (mm/s)

v_2 : トロリの最大速度 420.47 (mm/s)

クレーン走行車輪－レール間のすべり判定結果 (Ss900)

動的地震力 (Ss900) を適用したすべりを考慮しない状態 (全質量を考慮) の解析結果から、駆動輪に発生する荷重は「鉛直方向の荷重及び加速度 $\times 0.3 \leq$ すべり方向の水平方向の荷重及び加速度」であることから、クレーン走行車輪－レール間ですべりが発生することを確認した。

本解析によるすべり判定の確認は、4 点の車輪位置で荷重を受けるものとし、解析モデルより得られる荷重及び加速度をすべり判定値として使用する。

NS 方向 (横行方向) は、トロリとクレーンガーダは剛結合としているため、トロリ車輪位置での荷重は出力できないことから、トロリを支持するクレーンガーダ上に発生する加速度によりすべり判定を実施した。EW 方向 (走行方向) は車輪位置の支持点に発生する荷重によりすべり判定を実施した。

本解析における解析モデルを図-143, 144 に、クレーン走行車輪－レール間のすべり判定結果を表-176, 177 に示す。

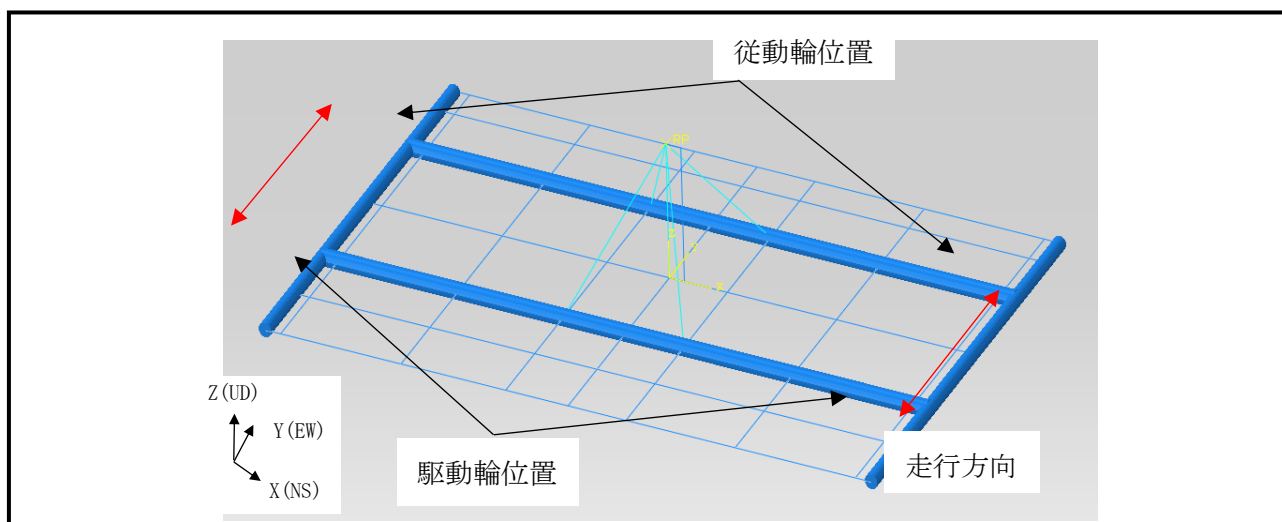


図-143 解析モデル (EW 方向 (走行方向) のすべり判定の検討)

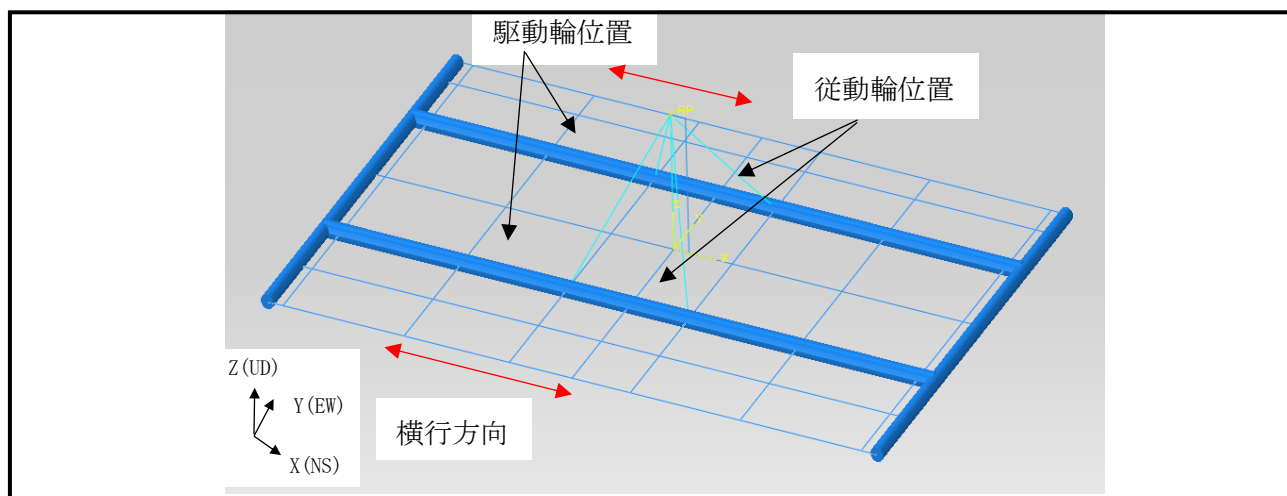


図-144 解析モデル (NS 方向 (横行方向) のすべり判定の検討)

表ー176 クレーン走行車輪ーレール間のすべり判定結果【EW 方向(走行方向)のすべり判定の検討】

ID 部位		ケース 1		ケース 2		ケース 3	
		トロリ中央		トロリ右端		トロリ左端	
		吊荷：20.4t		吊荷：20.4t		吊荷：20.4t	
車輪	部位	Fy^{*1}	$Fz \times 0.3^{*2}$	Fy^{*1}	$Fz \times 0.3^{*2}$	Fy^{*1}	$Fz \times 0.3^{*2}$
		[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
		122435	106795	135455	106795	122233	106795
1	駆動輪						
2	従動輪	0		0		0	

：駆動輪のすべりが確認された荷重

*1：駆動輪に発生する走行方向の反力の合計

*2：吊荷重量を含めた解析モデルの総重量に最大静止摩擦係数 $\mu=0.3$ を乗じた値

また、解析より得られる鉛直下向き荷重と総重量の合計に最大静止摩擦係数 $\mu=0.3$ を乗じた場合においてもすべりが生じることを確認した。

表ー177 クレーン横行車輪ーレール間のすべり判定結果【NS 方向(横行方向)のすべり判定の検討】

ID 部位		ケース 1		ケース 2		ケース 3	
		トロリ中央		トロリ右端		トロリ左端	
		吊荷：20.4t		吊荷：20.4t		吊荷：20.4t	
車輪	部位	α_x^{*1}	$\alpha_z \times 0.3^{*2}$	α_x^{*1}	$\alpha_z \times 0.3^{*2}$	α_x^{*1}	$\alpha_z \times 0.3^{*2}$
		[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]	[m/s ²]
		13.93	2.94	18.92	2.94	8.80	2.94
1	駆動輪						
2	従動輪	0		0		0	

：駆動輪のすべりが確認された加速度

*1：駆動輪位置における横行方向のレール部に発生する加速度の最小値を記載

*2：吊荷重量を含めた解析モデルの総重量に発生する鉛直方向の加速度 $1[G] \times 0.3 = 0.3[G] = 2.94[m/s^2]$

また、解析より得られる鉛直下向き加速度と総重量の合計にて発生する鉛直方向の加速度に最大静止摩擦係数 $\mu=0.3$ を乗じた場合においてもすべりが生じることを確認した。

Abaqus における固有ベクトルの正規化方法について

Abaqus における固有ベクトルの正規化方法は、①式より $m_\alpha=1.0$ となるように固有ベクトル φ の正規化を実施している。

【固有ベクトルの正規化方法】

$$m_\alpha = \{\varphi\}^T [M] \{\varphi\} = 1 \cdots \cdots \text{①式}$$

m_α : モード α の一般化質量

φ : 固有ベクトル

M : 構造物の質量マトリックス

(補足)

【刺激係数の算出方法】

刺激係数は、②式で計算される。

$$\beta = \frac{1}{m_\alpha} \{\varphi\}^T [M] \{1\} \cdots \cdots \text{②式}$$

β : 刺激係数

m_α : モード α の一般化質量

φ : 固有ベクトル

M : 構造物の質量マトリックス

ここで、 $m_\alpha=1.0$ の場合、刺激係数は、 $\beta = \{\varphi\}^T [M] \{1\}$ となり、 $\{1\}$ は各方向に単位加速度を与えることから、②式では単位加速度に質量を乗じ、モード座標に変換した上で、単位一般化質量 ($m_\alpha=1.0$) で除しているため、刺激係数は解析モデルの各方向に単位加速度を与えた場合の、1.0 のモード質量に生じる加速度を表している。

3. トップローディングキャスク

3.1 概要

トップローディングキャスクは、コンクリートセル上部にある天井ポートと接続し、トップローディングキャスク及び天井ポートの遮へいシャッターを開閉することで、遮へい及び閉じ込め機能を維持したまま試料等をコンクリートセル内に移送する設備である。

3.2 構造

図-145 にトップローディングキャスクと天井ポートの構造を示す。

トップローディングキャスクと天井ポートはボルトで接続され、トップローディングキャスク及び天井ポートのシャッター開閉装置を操作することで、それぞれの遮へいシャッターが移動し開閉される。その後、トップローディングキャスクの昇降装置によってコンクリートセル内に燃料デブリ等を移送する構造となっている。

また、トップローディングキャスクを支える天井ポートは、天井ポート天板、ハウジング 1 及びハウジング 2 から構成され、トップローディングキャスクと天井ポート天板、天井ポート天板とハウジング 1 及びハウジング 1 とハウジング 2 がボルトで接続される。

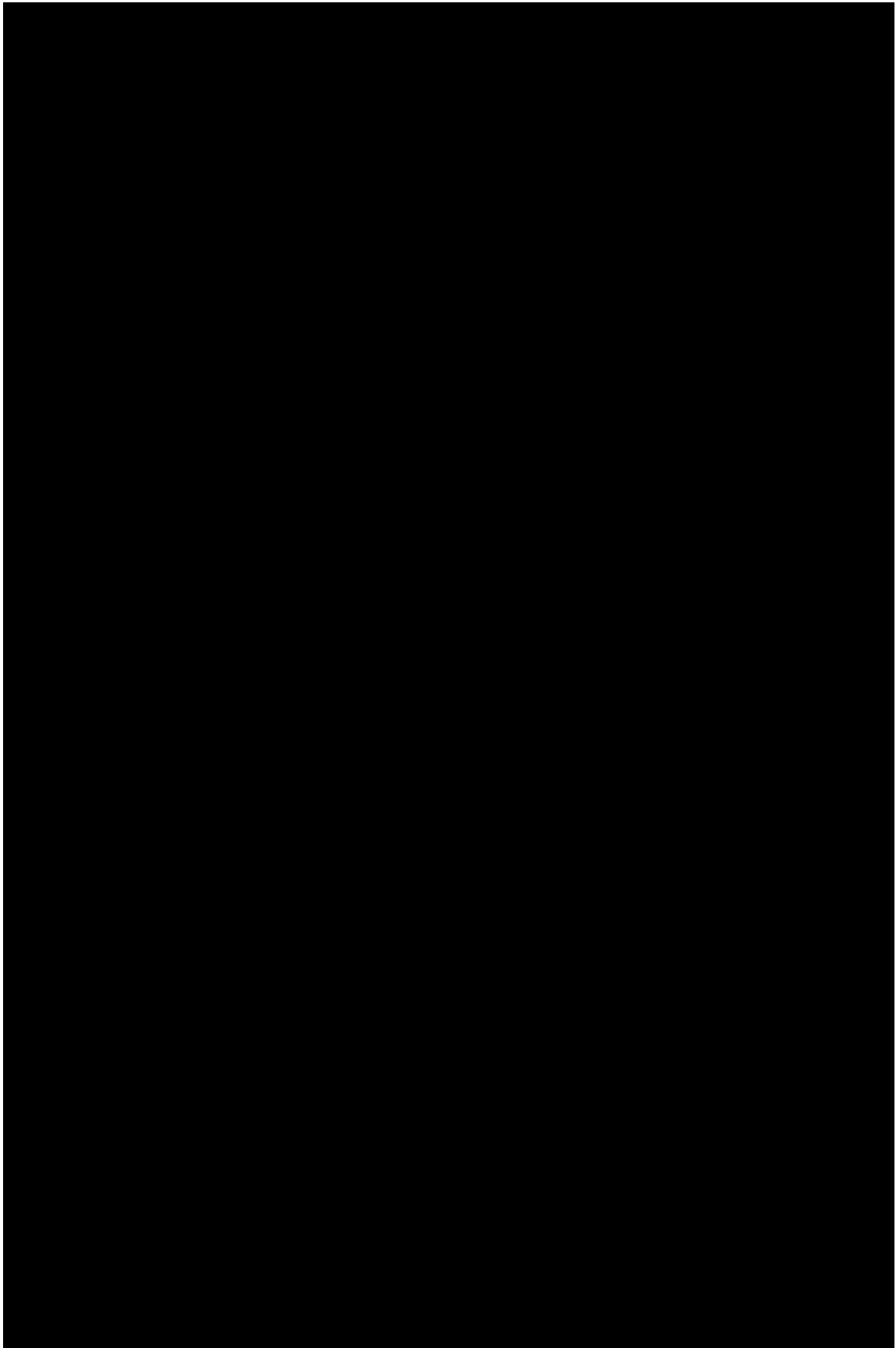


図-145 トップローディングヤスクと天井ポートの構造 (1/2)

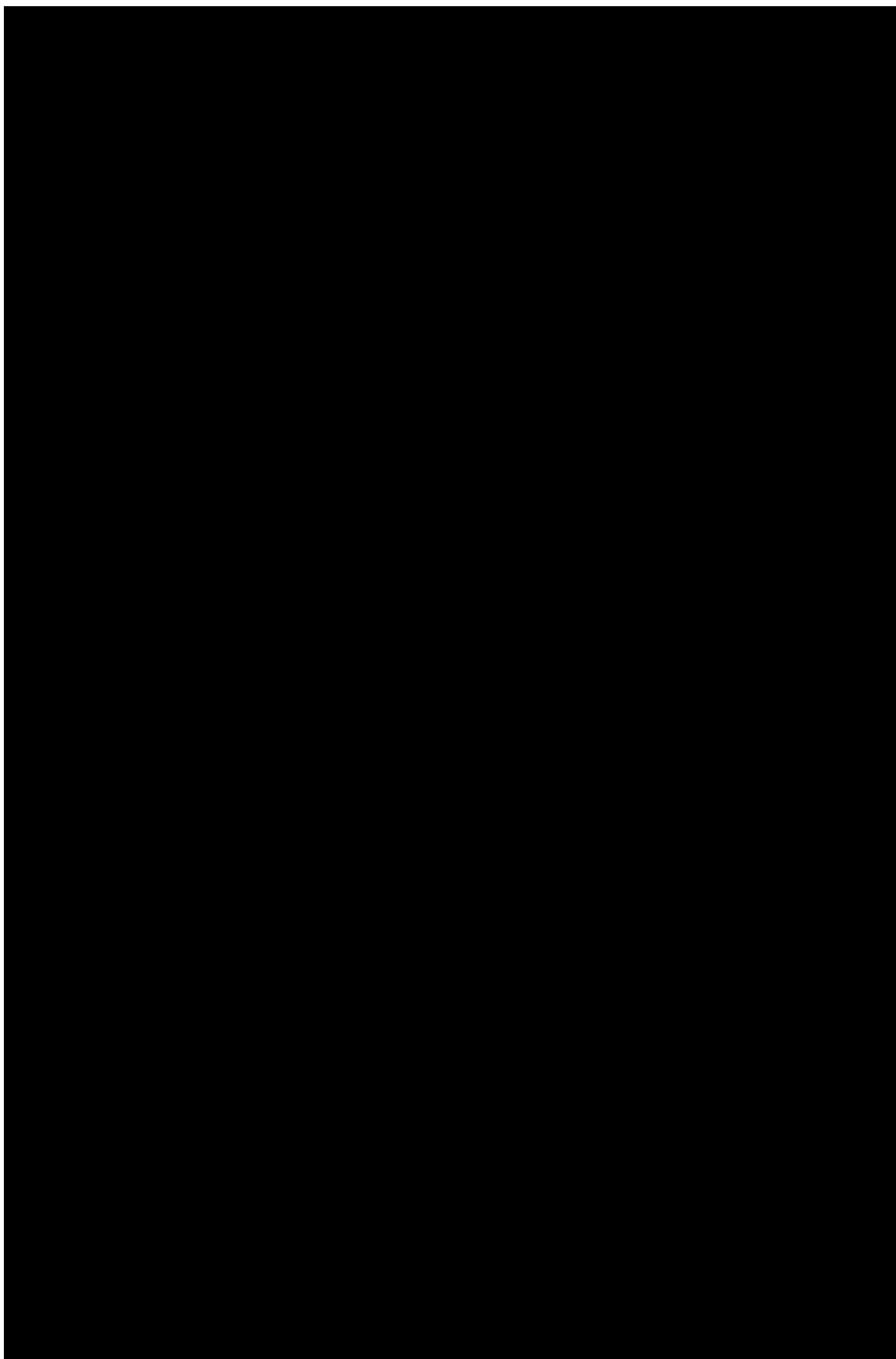


図-145 トップローディングキヤスクと天井ポールの構造 (2/2)

3.3 評価方針

本設備の応力評価は質点系モデルにて評価を行う。「3.2 構造」で示したトップローディングキャスクの部位のうち、「3.4 評価部位」に示す部位を評価対象として、「3.6 固有周期」で算出した固有周期に基づき、「3.7 設計用地震力」にて設定した地震力による応力が許容限界内であることを「3.8 応力評価」で示す。

図-146 にトップローディングキャスク（接続時）の耐震評価フローを示す。

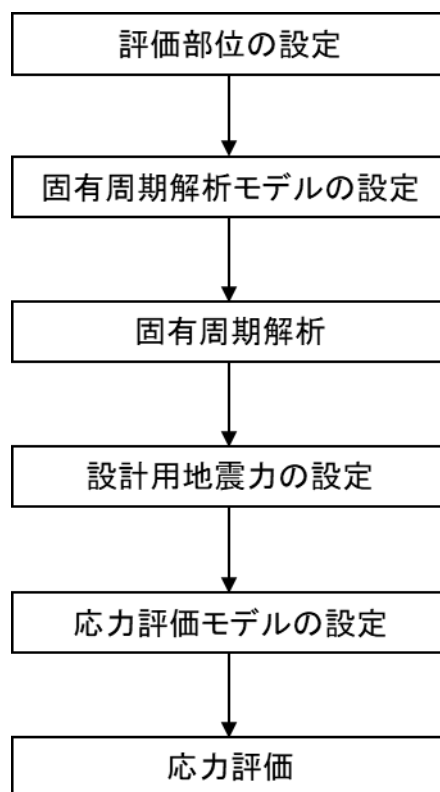


図-146 トップローディングキャスク（接続時）の耐震評価フロー

3.4 評価部位

評価対象部位については以下の項目を考慮して選定する。

- (1) 荷重作用点（重心）から離れており、大きなモーメントを受ける部位（基礎ボルト等）
- (2) 断面積が小さな部位

トップローディングキャスクは天井ポートに 4 本のボルトで固定されており、その荷重は天井ポートの天板及び 2 つのハウジングで支えている。よって、荷重を受ける主要部位はトップローディングキャスクと天井ポート天板、天井ポート天板とハウジング 1 及びハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトとなり、それら进行评估対象とする。評価部位一覧を表-178 に示す。

表－178 評価部位一覧

評価部位	材料	ボルトの呼び径 (mm)
トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト	S45C ($\leq 40\text{mm}$)	24
天井ポート天板とハウジング1を固定するボルト	S45C ($\leq 40\text{mm}$)	16
ハウジング1とハウジング2を固定するボルト	SUS304	24

3.5 地震応答解析

3.5.1 評価方法

- (1) 評価モデルは1質点系とし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- (2) 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- (3) トップローディングキャスクは剛体・剛床に取付ボルトにより固定されるものとする。
- (4) トップローディングキャスクの質量は、トップローディングキャスク（遮へい体及びシャッター開閉装置などの付帯設備含む）、天井ポート天板、ハウジング1及びハウジング2を考慮する。
- (5) 地震力はトップローディングキャスクに対して水平2方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組合せるものとする。

3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び供用状態

トップローディングキャスク（接続時）の許容応力と供用状態を表－179に示し、記号の説明を表－180に示す。

表－179 許容応力と供用状態

耐震 クラス	荷重の 組合せ* ¹	供用状態	許 容 限 界 (ボ ル ト 等)		適用範囲
			一次応力		
			引張* ²	せん断* ²	
S	D+S _s	D _s	1.5・f _t	1.5・f _s	基礎ボルト

*1：D；死荷重

S_s；地震荷重（S_s900）

*2：許容応力は「設計・建設規格 SSB-3133」に従い算出する。

表－180 記号の説明

記号	記号の説明
D	死荷重
S _s	Sクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
f _t	供用状態 D _s での許容引張応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3133」により規定される値。
f _s	供用状態 D _s での許容せん断応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3133」により規定される値。

(2) 使用材料の許容応力評価条件

評価部位の使用材料の許容応力評価条件を表－181 に示す。

表－181 使用材料の許容応力

評価部位	材料	最高使用温度	S _y *1	S _u *1	S _y (RT) *2
		℃	MPa	MPa	MPa
トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト	S45C (≦40mm)	60	475	656	490
天井ポート天板とハウジング1を固定するボルト	S45C (≦40mm)	60	475	656	490
ハウジング1とハウジング2を固定するボルト	SUS304	60	192	489	205

*1：60℃の値は設計・建設規格に記載された40℃及び75℃の値から内挿して求めた。

*2：S_y (RT) は「設計・建設規格 付録材料図表Part5 表8」に規定する材料の40℃における設計降伏点

3.6 固有周期

トップローディングキャスク（接続時）の固有周期を表－182 に示す。トップローディングキャスク（接続時）の固有周期は 0.05 秒以下であり，トップローディングキャスク（接続時）は剛構造であることを確認した。

表－182 水平及び鉛直方向の固有周期

方向	固有周期（s）
水平方向	■
鉛直方向	■

3.7 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力及び供用状態を表－183，Ss900の階別設計用震度を表－184に示す。トップローディングキャスクは2階で使用されるため，2階におけるSs900の設計用震度を採用する。

表－183 設計用地震力及び供用状態

耐震クラス	設計用地震力	供用状態
S	Ss900	Ds

表－184 Ss900の階別設計用震度*

階層	水平設計用震度		鉛直設計用震度
	EW 方向	NS 方向	UD 方向
	C_{HX}	C_{HY}	C_V
2 階（T. P. +47.8m）	1.74	1.74	0.91
1 階（T. P. +40.8m）	1.26	1.26	0.90
地下 1 階（T. P. +33.3m）	0.84	0.84	0.89

＊：Ss900 の階別設計用震度は，以下で示した床応答加速度を 1.2 倍し，重力加速度（ 980.665cm/s^2 ）で割り，小数点第 3 位の値を切り上げた値で設定した。

なお，水平方向設計用震度については EW 方向と NS 方向の最大応答加速度を各階層毎に比較し，大きい方の値を水平 X 方向及び水平 Y 方向の水平方向設計震度として設定した。

参考資料 4－2－1：建屋の Ss900 による耐震性に関する評価結果

4.2 地震応答解析結果 図－54，55 最大応答加速度（水平方向）の Ss900-①

地震応答解析結果 図－60 最大応答加速度（鉛直方向）の Ss900-①

3.8 応力評価

3.8.1 トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト

(1) 応力評価モデル及び諸元

図－147～149に評価部位の応力評価モデルを示し、表－185に応力評価諸元を示す。以下に評価モデルの概要と諸元を示す。

- ・ 4隅に4本のボルトが正方配置されているため、引張応力は斜め45度方向で評価を実施する。
- ・ 図－147は水平X方向の水平地震力がトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平X方向の水平地震力はボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側のボルトを転倒支点と考え、他方のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－148は水平Y方向の水平地震力がトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平Y方向の水平地震力はボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側のボルトを転倒支点と考え、他方のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－149は鉛直地震力（Z方向）及び自重がトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。鉛直地震力（Z方向）及び自重はボルトの差し込み方向と同じ向きに作用するため、引張力が発生する。片側のボルトを支点とする転倒を考え、引張力を片側のボルトで受けるものとして評価する。また、自重は鉛直方向（Z方向）の引張力を打ち消す方向に働くため、負の引張力とする。

表-185 トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの応力評価諸元

記号	記号の説明	値	単位
A_{bA}	トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの断面積	452.4	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	1.74	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	1.74	—
C_v	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	0.91	—
D_{bA}	トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの呼び径	24	mm
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
l_g	天井ポート天板からトップローディングキャスク重心までの距離	585	mm
l_{X1A}	重心とトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト間の距離（水平 X 方向）	651	mm
l_{X2A}	重心とトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト間の距離（水平 X 方向）	651	mm
l_{Y1A}	重心とトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト間の距離（水平 Y 方向）	651	mm
l_{Y2A}	重心とトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト間の距離（水平 Y 方向）	651	mm
m	トップローディングキャスクの質量	9000	kg
n_A	せん断力が作用するトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの本数	4	—
n_{FXA}	引張力の作用するトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの本数（水平 X 方向）	1	—
n_{FYA}	引張力の作用するトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの本数（水平 Y 方向）	1	—
F	基準強度（設計・建設規格 SSB-3133 に定める値）	—	MPa
F_{bA}	トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張力	—	N
F_{bGXA}	自重によってトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bGYA}	自重によってトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bXA}	水平地震力によってトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bYA}	水平地震力によってトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bZXA}	鉛直地震力によってトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N

F_{bZYA}	鉛直地震力によってトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
f_s	許容せん断応力	—	MPa
f_t	許容引張応力	—	MPa
f_{ts}	引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力	—	MPa
Q_{bA}	トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用するせん断力	—	N
σ_{bA}	トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用する引張応力	—	MPa
τ_{bA}	トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトに作用するせん断応力	—	MPa

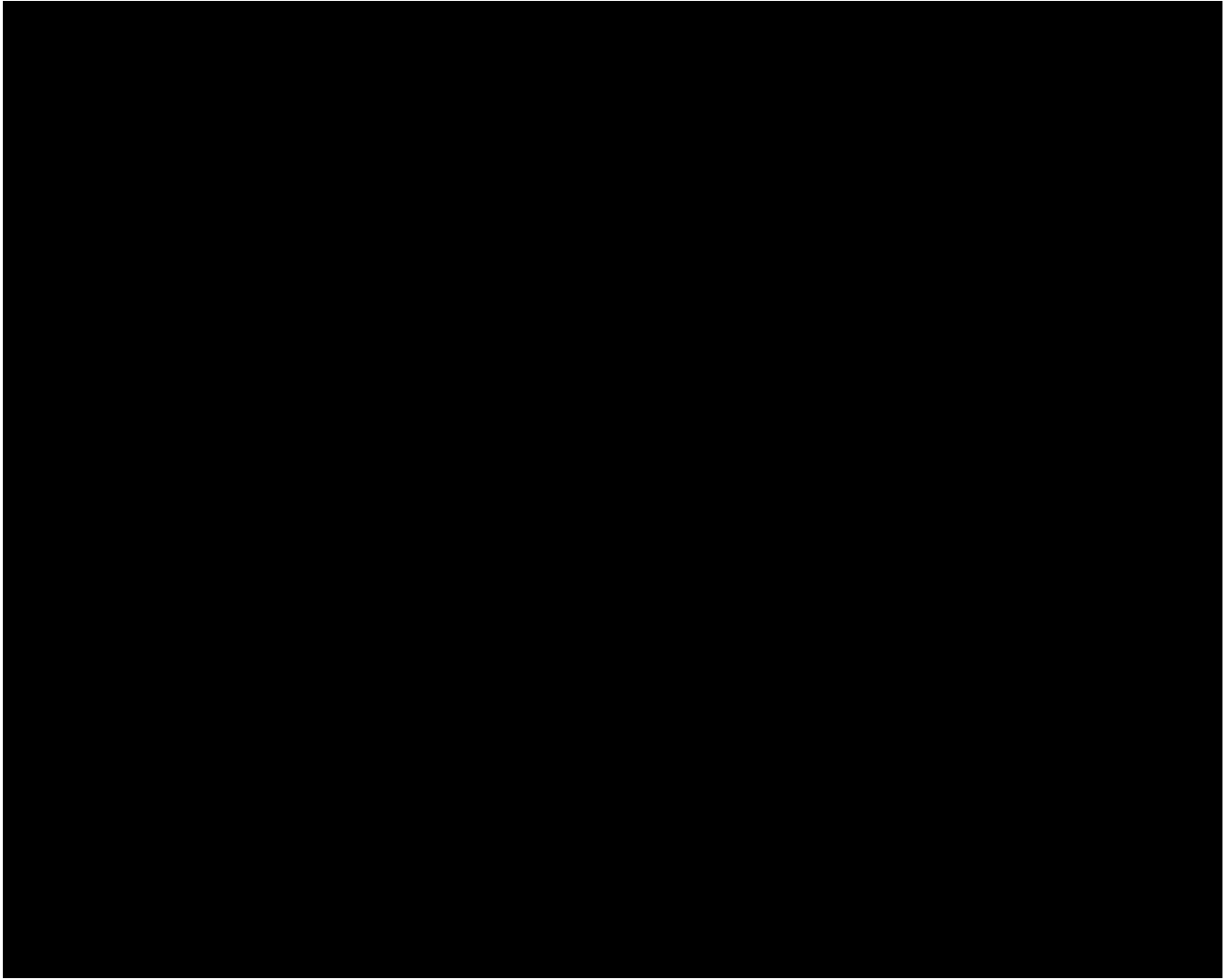


図-147 水平 X 方向の水平地震力によって作用するトップローディングキャスクと
天井ポート天板を固定するボルトの応力評価モデル

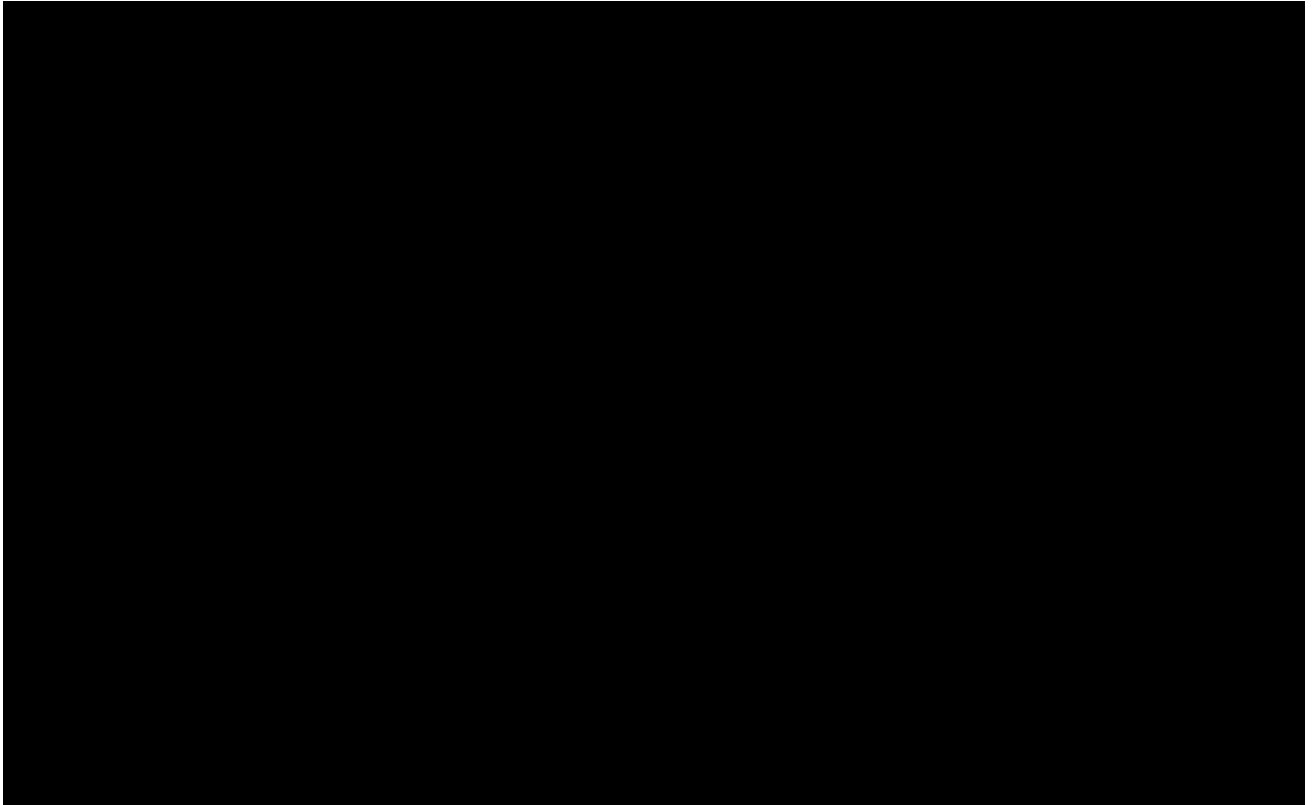


図-148 水平 Y 方向の水平地震力によって作用するトップローディングキャスクと
天井ポート天板を固定するボルトの応力評価モデル

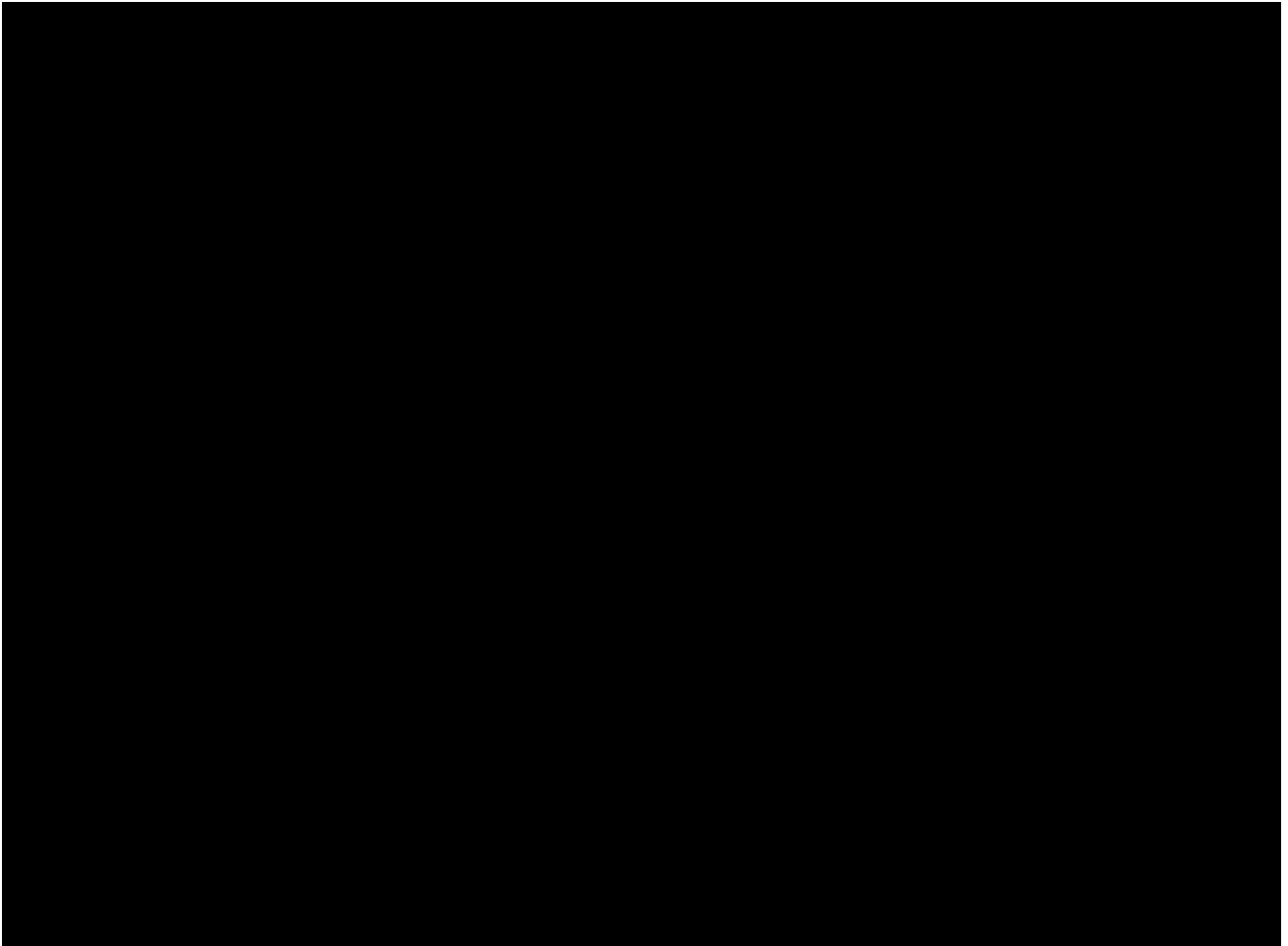


図-149 鉛直地震力（Z 方向）及び自重によって作用するトップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの応力評価モデル

(2) 計算方法

a. 引張応力

ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{bXA} （水平X方向）、 F_{bYA} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{bZXA} （水平X方向）、 F_{bZYA} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として計算する。

水平X方向の地震力により生じる引張力

$$F_{bXA} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HX} \cdot l_g}{n_{fXA} \cdot (l_{X1A} + l_{X2A})}$$

水平Y方向の地震力により生じる引張力

$$F_{bYA} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HY} \cdot l_g}{n_{fYA} \cdot (l_{Y1A} + l_{Y2A})}$$

鉛直地震力（Z方向）の地震力により生じる引張力

$$F_{bZXA} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{X1A}}{n_{fXA} \cdot (l_{X1A} + l_{X2A})}$$
$$F_{bZYA} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{Y1A}}{n_{fYA} \cdot (l_{Y1A} + l_{Y2A})}$$

自重により生じる引張力

$$F_{bGXA} = \frac{m \cdot g \cdot l_{X1A}}{n_{fXA} \cdot (l_{X1A} + l_{X2A})}$$
$$F_{bGYA} = \frac{m \cdot g \cdot l_{Y1A}}{n_{fYA} \cdot (l_{Y1A} + l_{Y2A})}$$

ボルトに作用する引張力 F_{bA} は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。ただし、引張力の大小関係は $F_{bZXA} < F_{bXA} = F_{bYA}$ 、 $F_{bZYA} < F_{bXA} = F_{bYA}$ である。

$$F_{bA} = \max (1.0F_{bXA} + 0.4F_{bYA} + 0.4F_{bZXA} - F_{bGXA}, \quad 1.0F_{bXA} + 0.4F_{bYA} + 0.4F_{bZYA} - F_{bGYA})$$

引張応力 σ_{bA} は次式により求める。

$$\sigma_{bA} = \frac{F_{bA}}{A_{bA}}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bA} は以下の式で求める。

$$A_{bA} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bA}^2$$

b. セン断応力

地震力によりボルトに作用するせん断力は、水平2方向（水平X方向及び水平Y方向）荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。ボルトに作用するせん断荷重は、ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

ボルトのせん断力 Q_{bA} は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_{bA} = \max \left(m \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, \quad m \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2} \right)$$

せん断応力 τ_{bA} は次式により求める。

$$\tau_{bA} = \frac{Q_{bA}}{A_{bA} \cdot n_A}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bA} は以下の式で求める。

$$A_{bA} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bA}^2$$

c. 許容応力

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_{bA}, \quad f_t)$$

S45Cはオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は「設計・建設規格 SSB-3121.1 (1)」に従い以下のとおりである。

$$F = \min(1.2S_y, \quad 0.7S_u)$$

(3) 評価結果

トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの応力評価結果を表－186 に示す。

表－186 トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの応力評価結果

評価対象	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
トップローディングキャスク (接続時)	$\begin{pmatrix} Ss900 \\ C_{HX}=1.74 \\ C_{HY}=1.74 \\ C_V=0.91 \end{pmatrix}$	トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルト	引張	152	334
			せん断	92	265

評価結果から、トップローディングキャスクと天井ポート天板を固定するボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

3.8.2 天井ポート天板とハウジング1を固定するボルト

(1) 応力評価モデル及び諸元

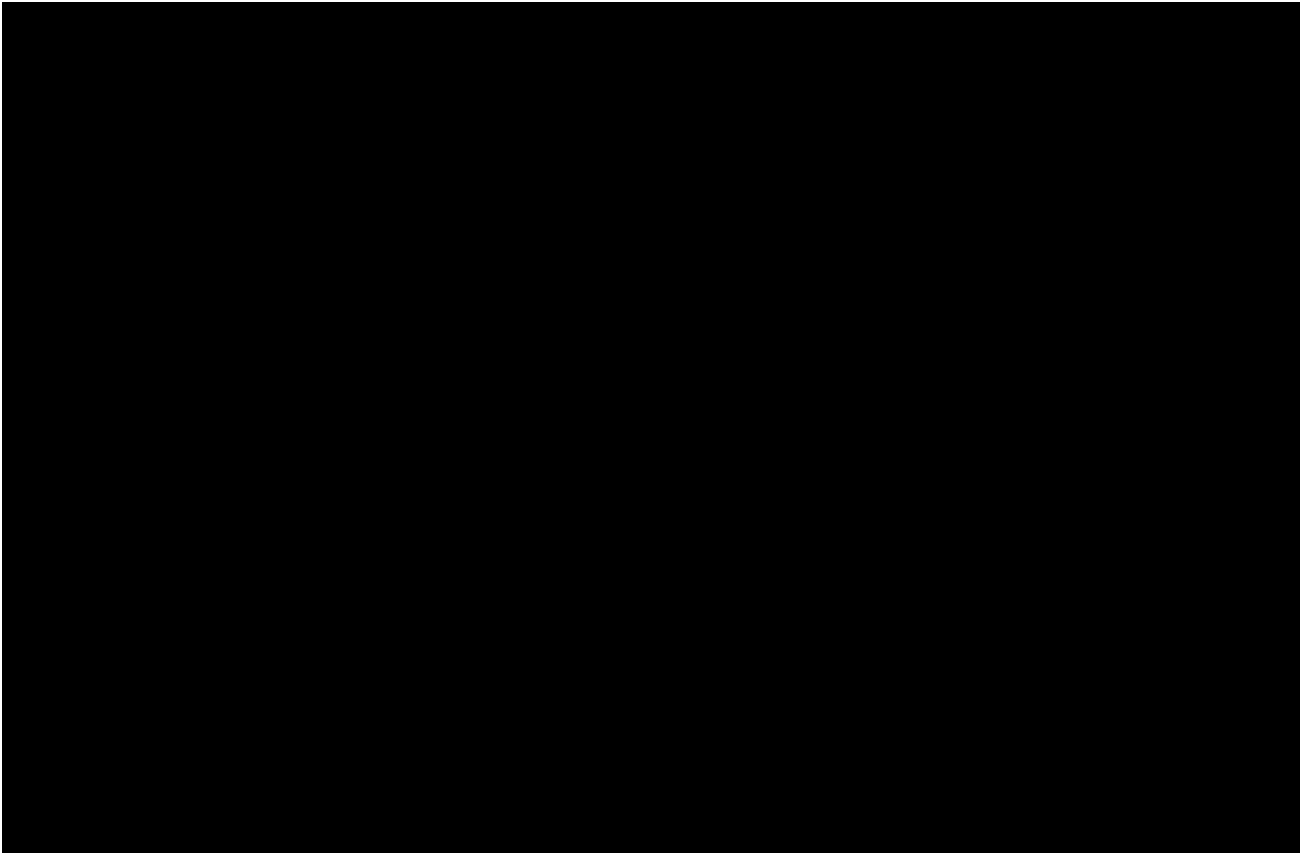
図－150～152に評価部位の応力評価モデルを示し、表－187に応力評価諸元を示す。以下に評価モデルの概要と諸元を示す。

- ・ 図－150は水平X方向の水平地震力が天井ポート天板とハウジング1を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平X方向の水平地震力はボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え、他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－151は水平Y方向の水平地震力が天井ポート天板とハウジング1を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平Y方向の水平地震力はボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え、他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－152は鉛直地震力 (Z方向) 及び自重が天井ポート天板とハウジング1を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。鉛直地震力 (Z方向) 及び自重はボルトの差し込み方向と同じ向きに作用するため、引張力が発生する。片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、引張力を片側の列のボルトで受けるものとして評価する。また、自重は鉛直方向 (Z方向) の引張力を打ち消す方向に働くため、負の引張力とする。

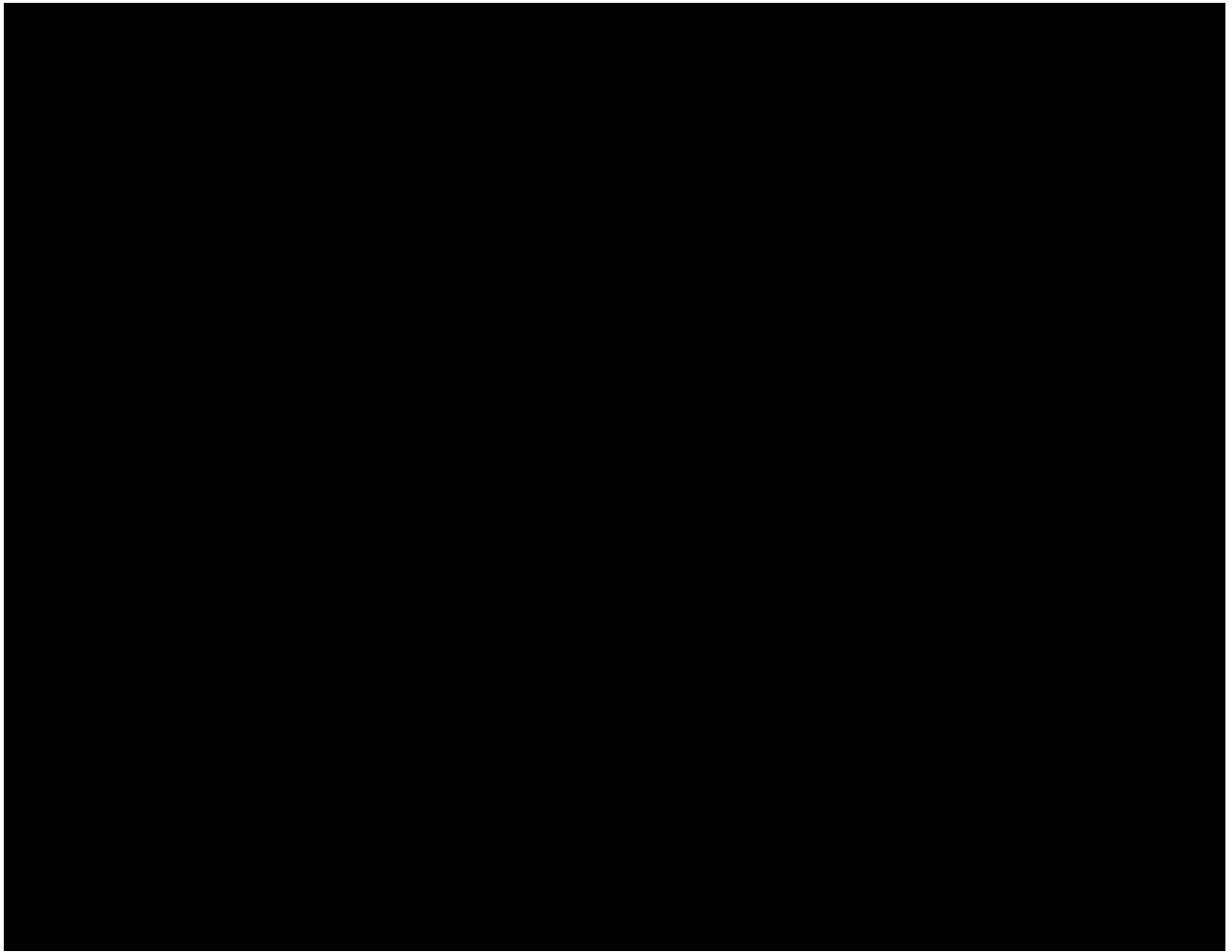
表-187 天井ポート天板とハウジング1を固定するボルトの応力評価諸元

記号	記号の説明	値	単位
A_{bB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの断面積	201.1	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	1.74	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	1.74	—
C_v	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	0.91	—
D_{bB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの呼び径	16	mm
F	基準強度（設計・建設規格 SSB-3133 に定める値）	—	MPa
F_{bB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張力	—	N
F_{bGXB}	自重によって天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bGYB}	自重によって天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bXB}	水平地震力によって天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bYB}	水平地震力によって天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bZXB}	鉛直地震力によって天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bZYB}	鉛直地震力によって天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
f_s	許容せん断応力	—	MPa
f_t	許容引張応力	—	MPa
f_{ts}	引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力	—	MPa
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
l_g	天井ポート天板からトップローディングキャスク重心までの距離	585	mm
L_{GXB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの転倒支点から重心までの距離（水平 X 方向）	700	mm
L_{GYB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの転倒支点から重心までの距離（水平 Y 方向）	655	mm
L_{X1B}	転倒支点から 1 番目の天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	460	mm
L_{X2B}	転倒支点から 2 番目の天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	940	mm
L_{X3B}	転倒支点から 3 番目の天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	1400	mm
L_{XPB}	転倒支点から最も離れた天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	1400	mm

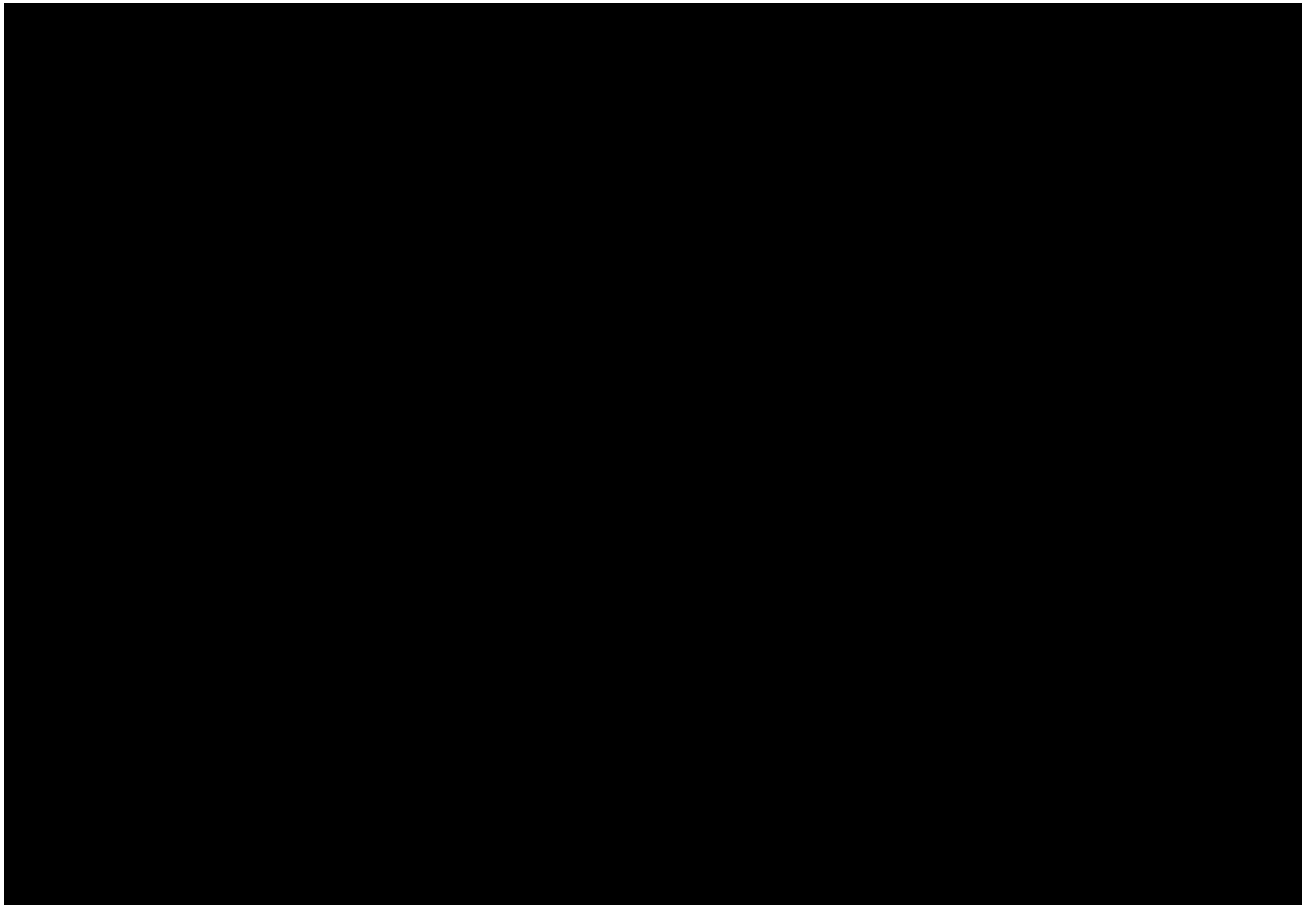
L_{Y1B}	転倒支点から 1 番目の天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	690	mm
L_{Y2B}	転倒支点から 2 番目の天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	1390	mm
L_{Y3B}	転倒支点から 3 番目の天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	2080	mm
L_{YKB}	転倒支点から最も離れた天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	2080	mm
m_B	トップローディングキャスク及び天井ポート天板の質量	11760	kg
n_B	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの本数	12	—
n_{FX1B}	転倒支点から L_{X1B} の距離にある天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FX2B}	転倒支点から L_{X2B} の距離にある天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FX3B}	転倒支点から L_{X3B} の距離にある天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの本数	4	—
n_{FY1B}	転倒支点から L_{Y1B} の距離にある天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FY2B}	転倒支点から L_{Y2B} の距離にある天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FY3B}	転倒支点から L_{Y3B} の距離にある天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの本数	4	—
Q_{bB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用するせん断力	—	N
σ_{bB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用する引張応力	—	MPa
τ_{bB}	天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトに作用するせん断応力	—	MPa



図－150 水平 X 方向の水平地震力によって作用する天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの応力評価モデル



図－151 水平 Y 方向の水平地震力によって作用する天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの応力評価モデル



図－152 鉛直地震力（Z 方向）及び自重によって作用する天井ポート天板とウジング 1 を固定するボルトの応力評価モデル

(2) 計算方法

a. 引張応力

ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{bXB} （水平X方向）、 F_{bYB} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{bZXB} （水平X方向）、 F_{bZYB} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを転倒支点から各ボルト列で受けるものとする。本評価では、各列のボルト本数が同数のため、引張力は転倒支点から各ボルト列までの距離に比例することから、転倒支点から最も離れたボルトに作用する引張力が最大となる。（別添4-4 図-75参照）

さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として F_{bGXB} （水平X方向）及び F_{bGYB} （水平Y方向）を計算する。

$$\begin{aligned}F_{bXB} &= \frac{m_B \cdot g \cdot C_{HX} \cdot l_g \cdot L_{XPB}}{\sum_{j=1}^p n_{fXjB} \cdot L_{XjB}^2} \\F_{bYB} &= \frac{m_B \cdot g \cdot C_{HY} \cdot l_g \cdot L_{YKB}}{\sum_{j=1}^k n_{fYjB} \cdot L_{YjB}^2} \\F_{bZXB} &= \frac{m_B \cdot g \cdot C_V \cdot L_{GXB} \cdot L_{XPB}}{\sum_{j=1}^p n_{fXjB} \cdot L_{XjB}^2} \\F_{bZYB} &= \frac{m_B \cdot g \cdot C_V \cdot L_{GYB} \cdot L_{YKB}}{\sum_{j=1}^k n_{fYjB} \cdot L_{YjB}^2} \\F_{bGXB} &= \frac{m_B \cdot g \cdot L_{GXB} \cdot L_{XPB}}{\sum_{j=1}^p n_{fXjB} \cdot L_{XjB}^2} \\F_{bGYB} &= \frac{m_B \cdot g \cdot L_{GYB} \cdot L_{YKB}}{\sum_{j=1}^k n_{fYjB} \cdot L_{YjB}^2}\end{aligned}$$

ボルトに作用する引張力 F_{bB} は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。ただし、引張力の大小関係は $F_{bZXB} < F_{bYB} < F_{bXB}$ 、 $F_{bZYB} < F_{bYB} < F_{bXB}$ である。

$$F_{bB} = \max(1.0F_{bXB} + 0.4F_{bYB} + 0.4F_{bZXB} - F_{bGXB}, \quad 1.0F_{bXB} + 0.4F_{bYB} + 0.4F_{bZYB} - F_{bGYB})$$

引張応力 σ_{bB} は以下の式で得られる。

$$\sigma_{bB} = \frac{F_{bB}}{A_{bB}}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bB} は以下の式で求める。

$$A_{bB} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bB}^2$$

b. せん断応力

地震力によりボルトに作用するせん断力、水平2方向（水平X方向及び水平Y方向）荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。ボルトに作用するせん断荷重は、ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

ボルトのせん断力 Q_{bB} は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_{bB} = \max \left(m_B \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, \quad m_B \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2} \right)$$

せん断応力 τ_{bB} は次式により求める。

$$\tau_{bB} = \frac{Q_{bB}}{A_{bB} \cdot n_B}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bB} は以下の式で求める。

$$A_{bB} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bB}^2$$

c. 許容応力

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_{bB}, f_t)$$

S45Cはオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は「設計・建設規格 SSB-3121.1 (1)」に従い以下のとおりである。

$$F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$$

(3) 評価結果

天井ポート天板とハウジング1を固定するボルトの応力評価結果を表－188に示す。

表－188 天井ポート天板とハウジング 1 を固定するボルトの応力評価結果

評価対象	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
トップローディングキャスク (接続時)	$\begin{pmatrix} \text{Ss900} \\ C_{HX}=1.74 \\ C_{HY}=1.74 \\ C_V=0.91 \end{pmatrix}$	天井ポート天板とハウジング1を固定するボルト	引張	81	337
			せん断	90	265

評価結果から、天井ポート天板とハウジング1を固定するボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

3.8.3 ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルト

(1) 応力評価モデル及び諸元

図－153～155に評価部位の応力評価モデルを示し、表－189に応力評価諸元を示す。以下に評価モデルの概要と諸元を示す。

- ・ 図－153は水平X方向の水平地震力がハウジング1とハウジング2を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平X方向の水平地震力はボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え、他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－154は水平Y方向の水平地震力がハウジング1とハウジング2を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平Y方向の水平地震力はボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え、他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－155は鉛直地震力（Z方向）及び自重がハウジング1とハウジング2を固定するボルトに作用する場合の評価モデルを示している。鉛直地震力（Z方向）及び自重はレール取付ボルトの差し込み方向と同じ向きに作用するため、引張力が発生する。片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、引張力を片側の列のボルトで受けるものとして評価する。また、自重は鉛直方向（Z方向）の引張力を打ち消す方向に働くため、負の引張力とする。

表－189 ハウジング1とハウジング2を固定するボルトの応力評価諸元

記号	記号の説明	値	単位
A_{bc}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの断面積	452.4	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	1.74	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	1.74	—
C_v	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	0.91	—
D_{bc}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの呼び径	24	mm
F	基準強度（設計・建設規格 SSB-3133 に定める値）	—	MPa
F_{bc}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張力	—	N
F_{bGXC}	自重によってハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bGYC}	自重によってハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bXc}	水平地震力によってハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bYc}	水平地震力によってハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bZXC}	鉛直地震力によってハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bZYC}	鉛直地震力によってハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
f_s	許容せん断応力	—	MPa
f_t	許容引張応力	—	MPa
f_{ts}	引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力	—	MPa
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
l_{gC}	ハウジング 1 からトップローディングキャスク重心までの距離	635	mm
L_{GXC}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの転倒支点から重心までの距離（水平 X 方向）	750	mm
L_{GYC}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの転倒支点から重心までの距離（水平 Y 方向）	690	mm
L_{X1C}	転倒支点から 1 番目のハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	495	mm
L_{X2C}	転倒支点から 2 番目のハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	995	mm

L_{X3C}	転倒支点から 3 番目のハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	1490	mm
L_{XPC}	転倒支点から最も離れたハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 X 方向）	1490	mm
L_{Y1C}	転倒支点から 1 番目のハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	720	mm
L_{Y2C}	転倒支点から 2 番目のハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	1450	mm
L_{Y3C}	転倒支点から 3 番目のハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	2170	mm
L_{YKC}	転倒支点から最も離れたハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトまでの距離（水平 Y 方向）	2170	mm
m_C	トップローディングキャスク，天井ポート天板及びハウジング 1 の質量	14510	kg
n_C	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの本数	12	—
n_{FX1C}	転倒支点から L_{Y1C} の距離にあるハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FX2C}	転倒支点から L_{Y2C} の距離にあるハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FX3C}	転倒支点から L_{Y3C} の距離にあるハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの本数	4	—
n_{FY1C}	転倒支点から L_{X1C} の距離にあるハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FY2C}	転倒支点から L_{X2C} の距離にあるハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの本数	2	—
n_{FY3C}	転倒支点から L_{X3C} の距離にあるハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの本数	4	—
Q_{bC}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用するせん断力	—	N
σ_{bC}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用する引張応力	—	MPa
τ_{bC}	ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトに作用するせん断応力	—	MPa

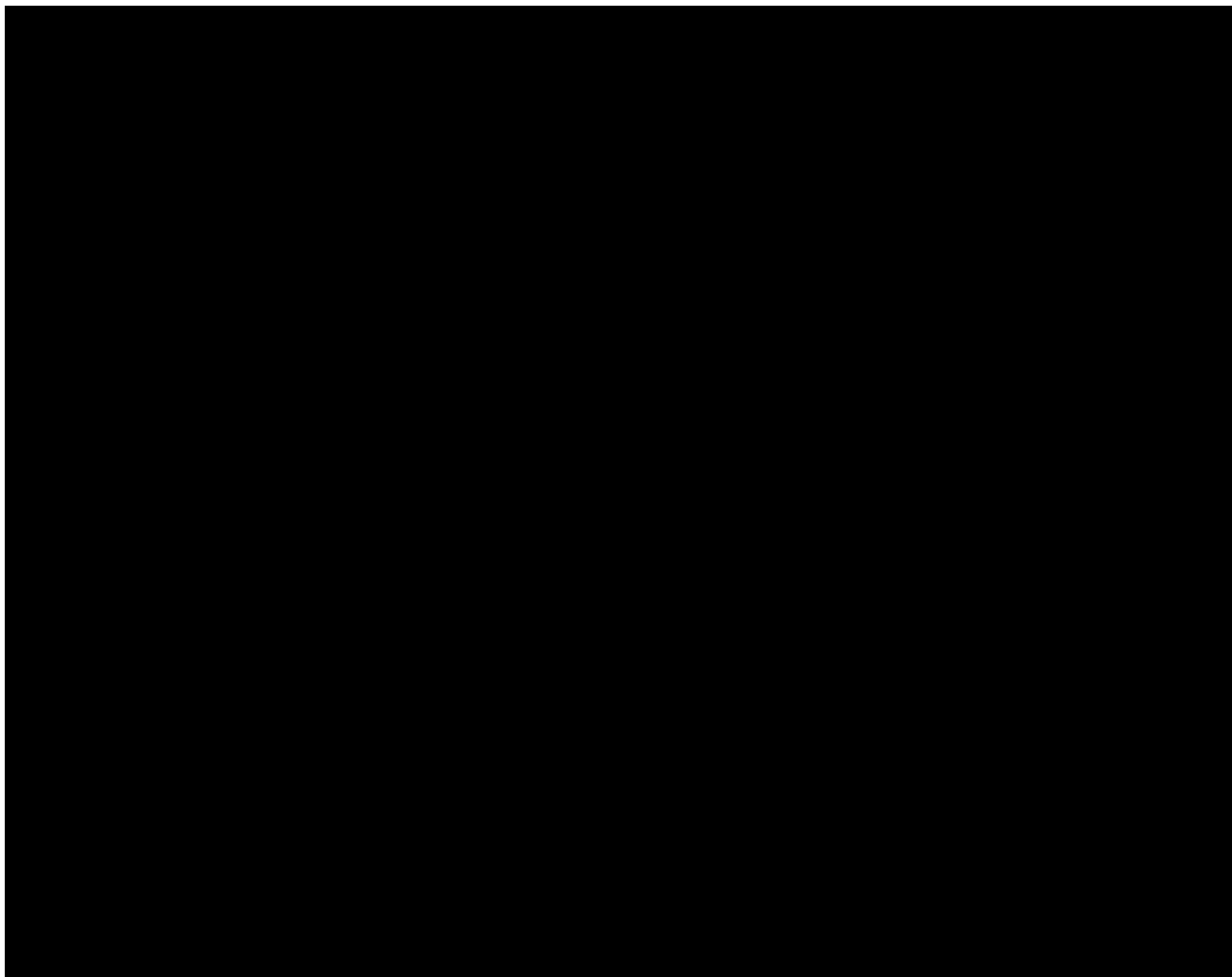
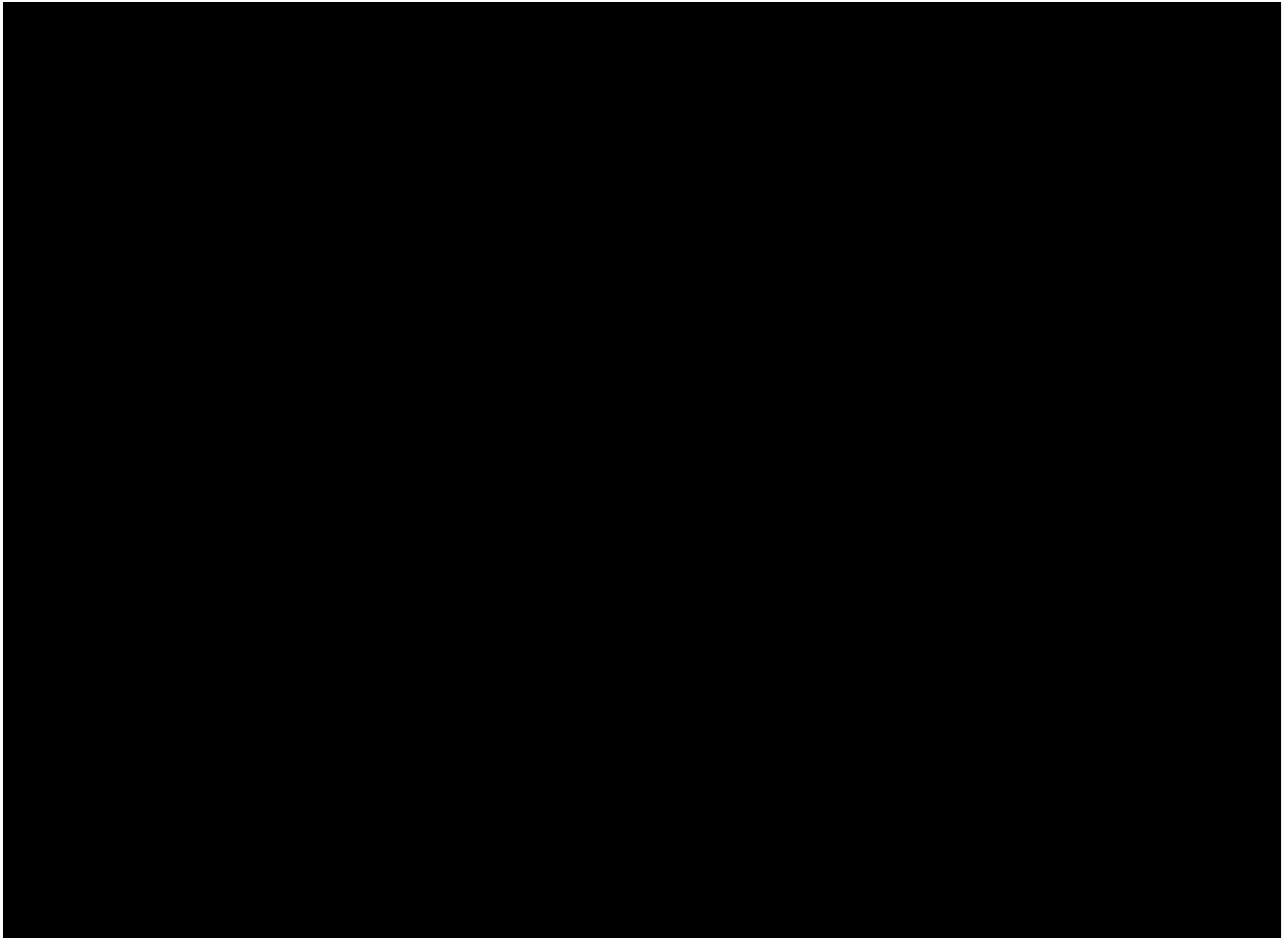
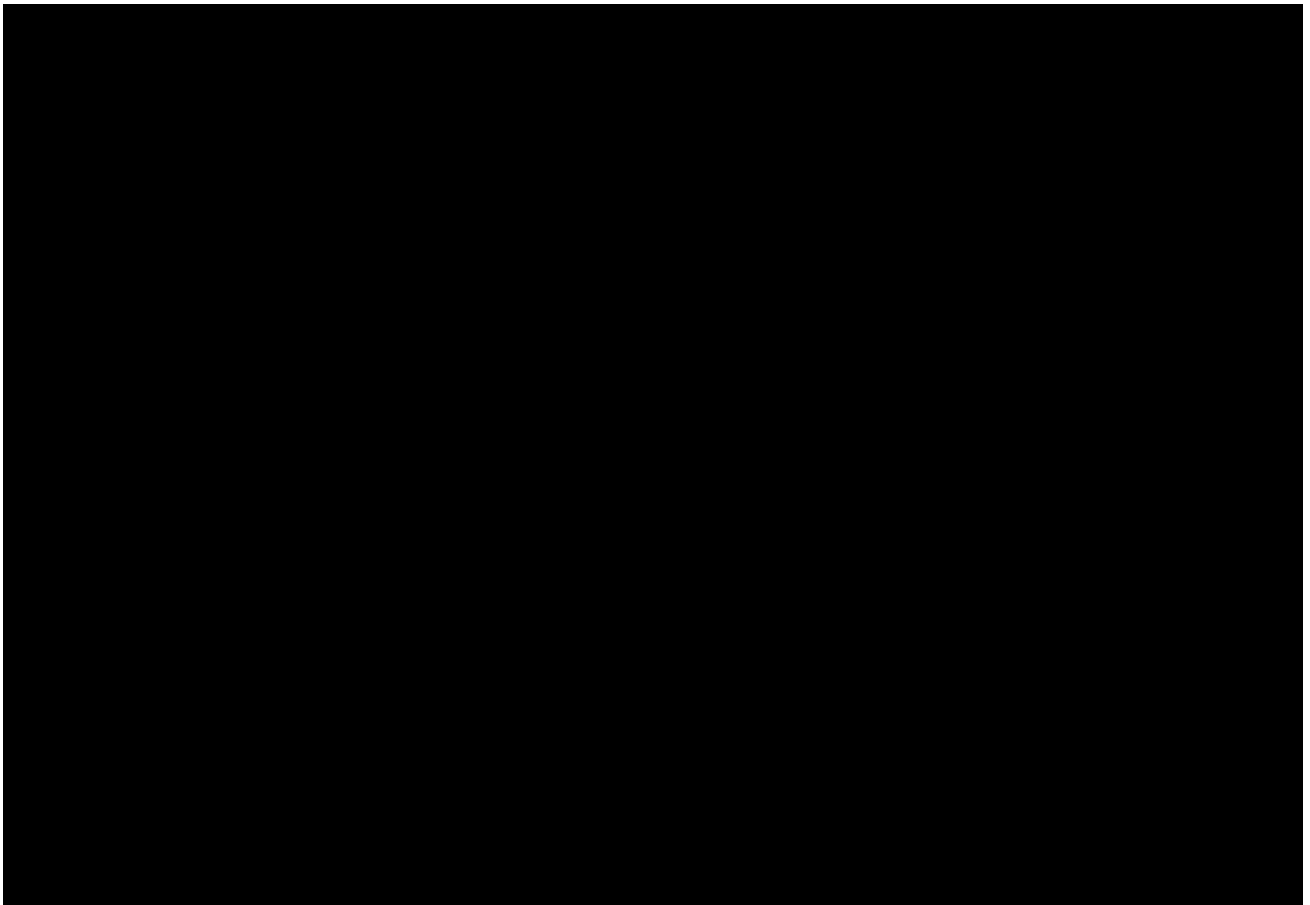


図-153 水平 X 方向の水平地震力によって作用するハウジング 1 とハウジング 2 を
固定するボルトの応力評価モデル（水平 X 方向）



図－154 水平 Y 方向の水平地震力によって作用するハウジング 1 とハウジング 2 を
固定するボルトの応力評価モデル（水平 Y 方向）



図－155 鉛直地震力（Z 方向）及び自重によって作用するハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの応力評価モデル

(2) 計算方法

a. 引張応力

ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{bXC} （水平X方向）、 F_{bYC} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{bZXC} （水平X方向）、 F_{bZYC} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを転倒支点から各ボルト列で受けるものとする。本評価では、各列のボルト本数が同数のため、引張力は転倒支点から各ボルト列までの距離に比例することから、転倒支点から最も離れたボルトに作用する引張力が最大となる。（別添4-4 図-75参照）

さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として F_{bGXC} （水平X方向）及び F_{bGYC} （水平Y方向）を計算する。

$$\begin{aligned}F_{bXC} &= \frac{m_C \cdot g \cdot C_{HX} \cdot l_{gC} \cdot L_{XPC}}{\sum_{j=1}^p n_{fXjC} \cdot L_{XjC}^2} \\F_{bYC} &= \frac{m_C \cdot g \cdot C_{HY} \cdot l_{gC} \cdot L_{YKC}}{\sum_{j=1}^k n_{fYjC} \cdot L_{YjC}^2} \\F_{bZXC} &= \frac{m_C \cdot g \cdot C_V \cdot L_{GXC} \cdot L_{XPC}}{\sum_{j=1}^p n_{fXjC} \cdot L_{XjC}^2} \\F_{bZYC} &= \frac{m_C \cdot g \cdot C_V \cdot L_{GYC} \cdot L_{YKC}}{\sum_{j=1}^k n_{fYjC} \cdot L_{YjC}^2} \\F_{bGXC} &= \frac{m_C \cdot g \cdot L_{GXC} \cdot L_{XPC}}{\sum_{j=1}^p n_{fXjC} \cdot L_{XjC}^2} \\F_{bGYC} &= \frac{m_C \cdot g \cdot L_{GYC} \cdot L_{YKC}}{\sum_{j=1}^k n_{fYjC} \cdot L_{YjC}^2}\end{aligned}$$

ボルトに作用する引張力 F_{bC} は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。ただし、引張力の大小関係は $F_{bZXC} < F_{bYC} < F_{bXC}$ 、 $F_{bZYC} < F_{bYC} < F_{bXC}$ である。

$$F_{bC} = \max(1.0F_{bXC} + 0.4F_{bYC} + 0.4F_{bZXC} - F_{bGXC}, \quad 1.0F_{bXC} + 0.4F_{bYC} + 0.4F_{bZYC} - F_{bGYC})$$

引張応力 σ_{bC} は以下の式で得られる。

$$\sigma_{bC} = \frac{F_{bC}}{A_{bC}}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bC} は以下の式で求める。

$$A_{bC} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bC}^2$$

b. セン断応力

地震力によりボルトに作用するせん断力は、水平2方向（水平X方向及び水平Y方向）荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。ボルトに作用するせん断荷重は、ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

ボルトのせん断力 Q_{bc} は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_{bc} = \max \left(m_C \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, m_C \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2} \right)$$

せん断応力 τ_{bc} は次式により求める。

$$\tau_{bc} = \frac{Q_{bc}}{A_{bc} \cdot n_C}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bc} は以下の式で求める。

$$A_{bc} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bc}^2$$

c. 許容応力

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_{bc}, f_t)$$

SUS304はオーステナイト系ステンレス鋼であるため、F値の計算式は「設計・建設規格 SSB-3121.1 (1)」に従い以下のとおりである。

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, 1.2S_y (RT))$$

(3) 評価結果

ハウジング1とハウジング2を固定するボルトの応力評価結果を表－190に示す。

表－190 ハウジング 1 とハウジング 2 を固定するボルトの応力評価結果

評価対象	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
トップローディングキャスク (接続時)	Ss900 $\left(\begin{array}{l} C_{HX}=1.74 \\ C_{HY}=1.74 \\ C_V=0.91 \end{array} \right)$	ハウジング1 とハウジング 2を固定する ボルト	引張	46	177
			せん断	50	142

評価結果から、ハウジング1とハウジング2を固定するボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

4. サイドローディングキャスク

4.1 概要

サイドローディングキャスクは、コンクリートセル側面に取り付けられているシールドドアと接続し、サイドローディングキャスクの昇降装置（テーブルシールド昇降モーター）を作動させることで、シールドドア及びサイドローディングキャスクの遮へい扉が開閉し、試料等をコンクリートセル内に移送する設備である。

4.2 構造

図-156 にサイドローディングキャスクの構造及びシールドドアとの接続方法を示す。

サイドローディングキャスクは主に、キャスク本体、サポーティングテーブル及び床・セル壁固定金物で構成されている。

サポーティングテーブルはキャスク本体を固縛する架台（クレイドル）を用いて積載し、シールドドアと接続するための車輪付きの設備であり、床・セル壁固定金物はキャスクとシールドドアが接続している際に耐震性をもたせるために、サポーティングテーブルを床に固定する設備である。

キャスク本体はクレイドルのキャスク固定ボルトによってサポーティングテーブルに固定され、クレイドルはサポーティングテーブルに台座固定ボルトで固定されている。サポーティングテーブルは床・セル壁固定金物とボルトで固定され、床・セル壁固定金物はボルト（基礎ボルト）で床及びコンクリートセル壁に固定される。

シールドドアは、厚さ■■■■の遮へい体がベース板に固定されており、ベース板がコンクリートセルに取付ボルトで固定されている。

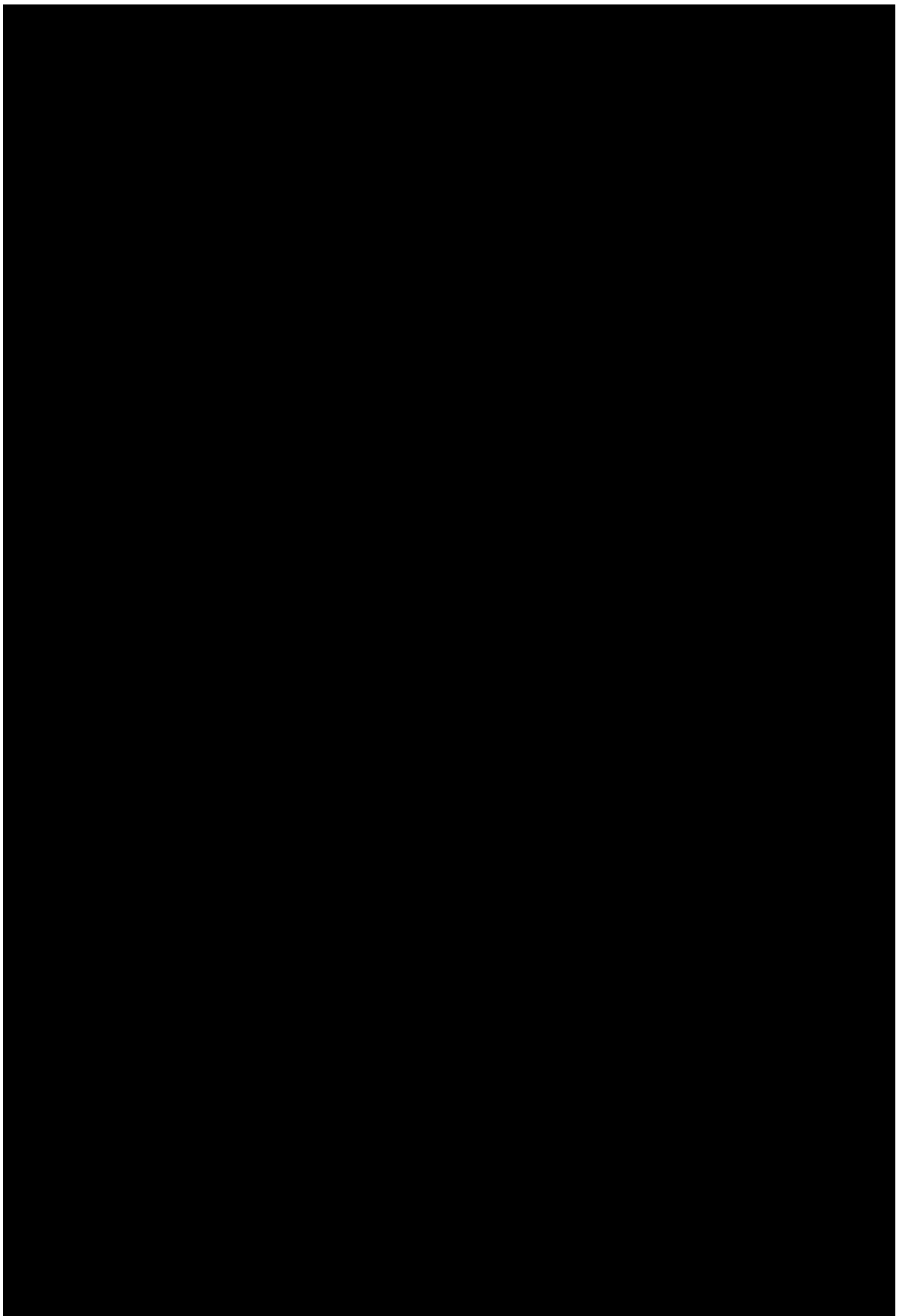


図-156 サイドローディングヤスクの構造及びシールドドアドとの接続方法(1/2)

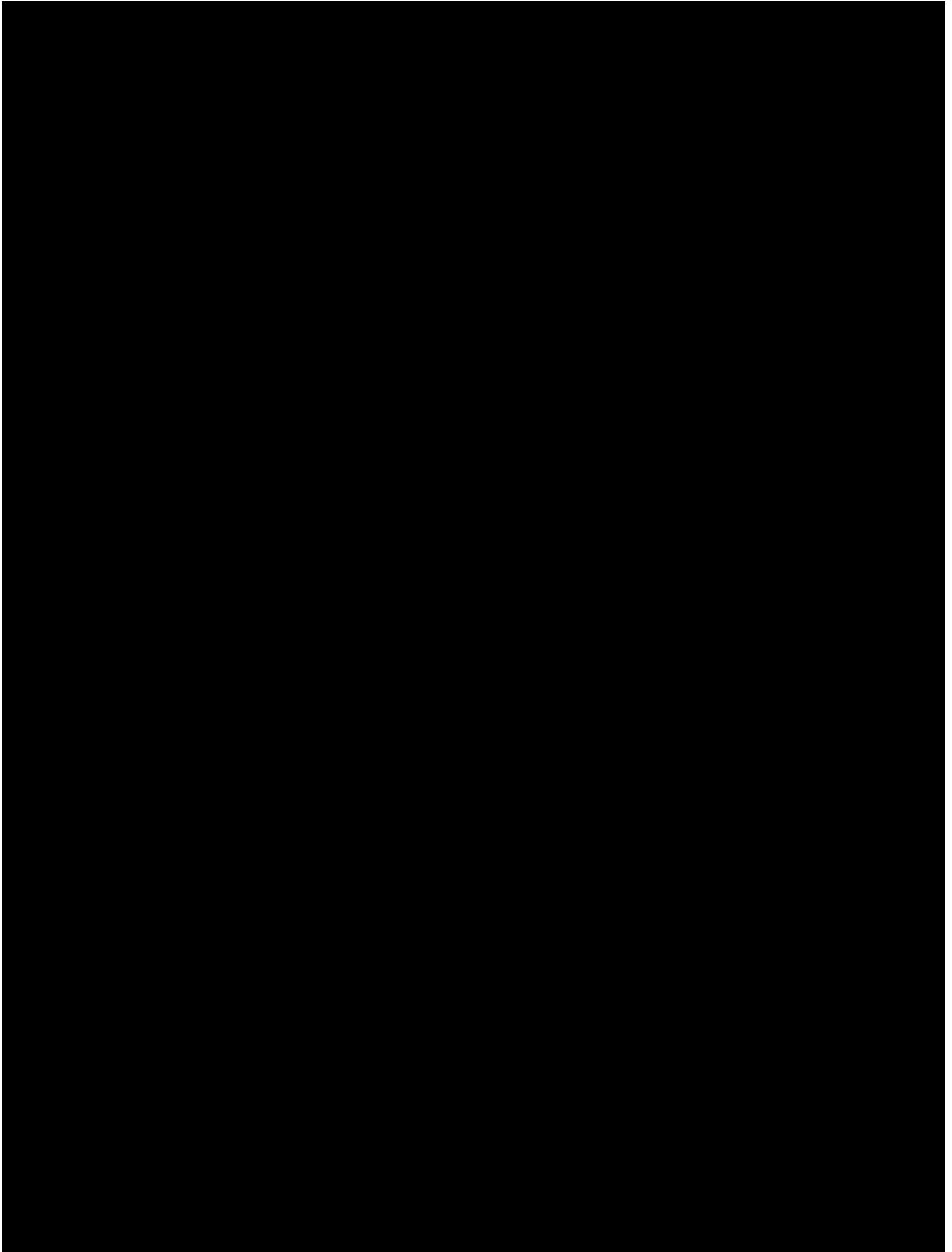


図-156 サイドローディングキャスクの構造及びシールドドアとの接続方法(2/2)

4.3 評価方針

本設備の応力評価は3次元FEMモデルを構築して評価を行う。「4.2 構造」で示したサイドローディングの部位のうち、「4.4 評価部位」に示す部位を対象として、「4.7 固有周期」で算出した固有周期に基づき、「4.8 設計用地震力」にて設定した地震力による応力が、許容限界内であることを「4.9 応力評価」で示す。

図-157 にサイドローディングキャスク（接続時）の耐震評価フローを示す。

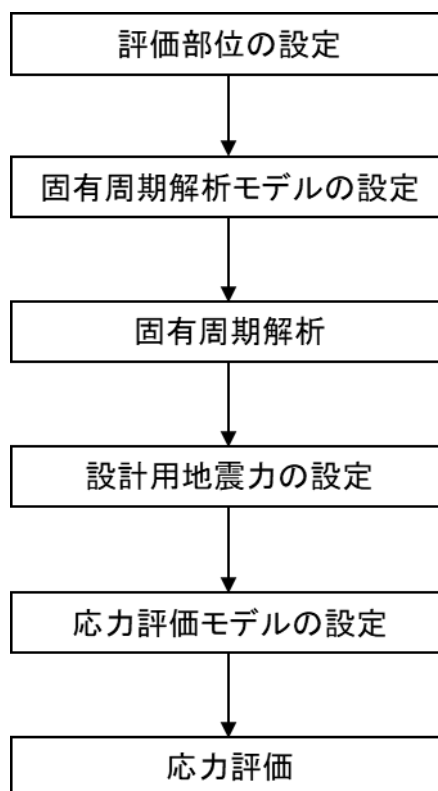


図-157 サイドローディングキャスク（接続時）の耐震評価フロー

4.4 評価部位

評価対象部位については以下の項目を考慮して選定する。

- (1) 荷重作用点（重心）から離れており、大きなモーメントを受ける部位（基礎ボルト等）
- (2) 断面積が小さな部位

サイドローディングキャスクの自重は、クレイドル、サポーティングテーブル及び床・セル壁固定金物で支えており、地震の際にはそれらのボルト部であるキャスク固定ボルト、台座固定ボルト及び基礎ボルトに荷重がかかるため、それら进行评估対象とする。評価部位一覧を表－191 に示す。

表－191 評価部位一覧

評価部位	材料	ボルトの呼び径（mm）
キャスク固定ボルト	SCM435	12
台座固定ボルト	SCM435	16
基礎ボルト	SS400 (16mm<, ≦40mm)	20

4.5 地震応答解析

4.5.1 評価方法

- (1) 固有周期及び基礎ボルトの評価モデルは 3 次元 FEM により構築する。
- (2) 評価モデルは 1 質点系とし重心位置に地震荷重が作用する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- (4) 床・セル壁固定金物は剛体・剛床に基礎ボルトにより固定されるものとする。
- (5) 質量はサイドローディングキャスク、クレイドル及びテーブルシールドを考慮する。
- (6) 地震力は、サイドローディングキャスク（接続時）に対して水平 2 方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組合せるものとする。

4.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

- (1) 荷重の組合せ及び供用状態

サイドローディングキャスク（接続時）の許容応力と供用状態を表－192 に示し、記号の説明を表－193 に示す。

表－192 許容応力と供用状態

耐震 クラス	荷重の 組合せ*1	供用状態	許 容 限 界 (ボ ル ト 等)		適用範囲
			一次応力		
			引張*2	せん断*2	
S	D+S _s	D _s	1.5・f _t	1.5・f _s	基礎ボルト

*1：D；死荷重

S_S；耐震 S クラスに適用される地震力

*2：許容応力は「設計・建設規格 SSB-3133」に従い算出する。

表－193 記号の説明

記号	記号の説明
D	死荷重
S _S	S クラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
f _t	供用状態 D _S での許容引張応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3133」により規定される値。
f _s	供用状態 D _S での許容せん断応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3133」により規定される値。

(2) 使用材料の許容応力評価条件

評価部位の使用材料の許容応力評価条件を表－194 に示す。

表－194 使用材料の許容応力

評価部位	材料	最高使用温度	S _y *1	S _u *1	S _y (RT)*2
		℃	MPa	MPa	MPa
キャスク 固定ボルト	SCM435	60	743	882	785
台座 固定ボルト	SCM435	60	743	882	785
基礎ボルト	SS400 (16mm<, ≤40mm)	60	227	389	235

*1：60℃の値は設計・建設規格に記載された40℃及び75℃の値から内挿して求めた。

*2：S_y(RT)は「設計・建設規格 付録材料図表Part5 表8」に規定する材料の40℃における設計降伏点

4.6 3次元FEMモデルの概要及び諸元

(1) 3次元FEMモデル（固有周期解析及び基礎ボルトの応力解析）

「4.2 構造」の項目で示した、図-156の構造を基に図-158に示す3次元FEMモデルを構築し、表-195に基礎ボルトの応力評価諸元を示す。以下に評価モデルの概要と諸元を示す。

- ・モデルは、断面特性及び材料特性を設定した3次元はりモデルとした。
- ・モデル化にあたっては、コンクリートセルに接続した状態で、サイドローディングキャスク及びシールドドアの遮へい扉が開いている状態（サポーティングテーブルに掛かる重量が最も大きく、かつ、重心位置が高くなる状態）とした。
- ・サイドローディングキャスクは、クレイドル及びテーブルシールドによってサポーティングテーブルに固定されているためサイドローディングキャスク、クレイドル及びテーブルシールドを一体として剛体とみなし、この荷重をクレイドル及びテーブルシールドがある位置にかけてモデル化した。
- ・地震力の入力方向の組合せは、X、Y、Z方向の3方向に対してそれぞれ正又は負方向を考慮して、8（ $=2 \times 2 \times 2$ ）通りであり、それらを評価する。
- ・拘束条件は、躯体との接続部を支持点とした。また、支持点はX（走行方向）、Y（鉛直方向）、Z（横行方向）の拘束を基本とするが、駆動輪に関してはレールに乗っているためZ方向のみの拘束、床・セル壁固定金物の基礎ボルト2点支持部に関してはX、Y、Z方向及びZ軸まわりの回転の拘束とし、それらの拘束条件を番号として定義する。表-196に拘束条件と番号の関係を示す。
- ・解析コードは、「FINAS*」を使用した。

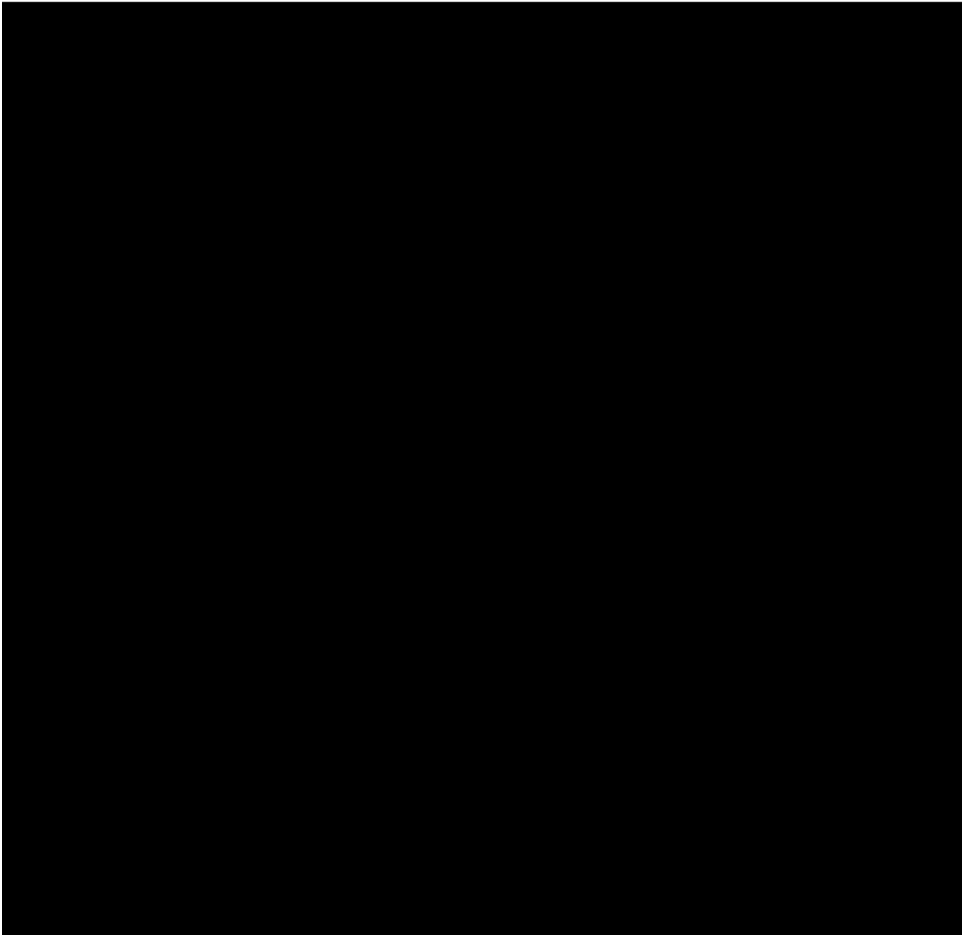
＊：日本原子力研究開発機構 高速増殖原型炉「もんじゅ」、九州電力株式会社 玄海発電所で使用実績がある解析プログラム

表－195 基礎ボルトの応力評価諸元

記号	記載内容	値	単位
A_b	基礎ボルトの面積（全基礎ボルト共通）	314.2	mm^2
D_b	基礎ボルトの呼び径（全基礎ボルト共通）	20	mm
L	基礎ボルト（2点支持部）のボルト間距離	100	mm
I_z	基礎ボルト（2点支持部）に生じるモーメント（Z軸まわり）	—	$\text{N} \cdot \text{mm}$
Q_{bXF}	床基礎ボルト（1点支持部）に生じるせん断力（X方向）	—	N
Q_{bXF2}	床基礎ボルト（2点支持部）に生じるせん断力（X方向）	—	N
Q_{bYW}	壁基礎ボルトに生じるせん断力（Y方向）	—	N
Q_{bZF}	床基礎ボルト（1点支持部）に生じるせん断力（Z方向）	—	N
Q_{bZF2}	床基礎ボルト（2点支持部）に生じるせん断力（Z方向）	—	N
Q_{bZW}	壁基礎ボルトに生じるせん断力（Z方向）	—	N
σ_{bF}	床基礎ボルト（1点支持部）に生じる引張応力	—	MPa
σ_{bF2}	床基礎ボルト（2点支持部）に生じる引張応力	—	MPa
σ_{bW}	壁基礎ボルトに生じる引張応力	—	MPa
σ_M	基礎ボルト（2点支持部）に生じるモーメントによる引張応力	—	MPa
τ_{bF}	床基礎ボルト（1点支持部）に生じるせん断応力	—	MPa
τ_{bF2}	床基礎ボルト（2点支持部）に生じるせん断応力	—	MPa
τ_{bW}	壁基礎ボルトに生じるせん断応力	—	MPa
F	基準強度（設計・建設規格 SSB-3133 に定める値）	—	MPa
F_{bXW}	壁基礎ボルトに生じる引張力（X方向）	—	N
F_{bYF1}	床基礎ボルト（1点支持部）に生じる引張力（Y方向）	—	N
F_{bYF2}	床基礎ボルト（2点支持部）に生じる引張力（Y方向）	—	N
f_s	許容せん断応力	—	MPa
f_t	許容引張応力	—	MPa
f_{ts}	引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力	—	MPa

表－196 拘束条件と番号の関係

番号	拘束条件
1	X（走行方向）の並進拘束
2	Y（鉛直方向）の並進拘束
3	Z（横行方向）の並進拘束
4	X軸（走行方向）まわりの回転拘束
5	Y軸（鉛直方向）まわりの回転拘束
6	Z軸（横行方向）まわりの回転拘束



凡例(フレーム)

- 床固定金物
- サポートディングテーブル
- サイドローディングキヤスク

凡例(拘束条件)

- △ サポートディングテーブル駆動輪：3
- 床・セル壁固定金物基礎ボルト：1、2、3
- 床・セル壁固定金物基礎ボルト2点支持部：1、2、3、6

番号	拘束条件
1	X (走行方向) の並進拘束
2	Y (鉛直方向) の並進拘束
3	Z (横行方向) の並進拘束
4	X軸 (走行方向) まわりの回転拘束
5	Y軸 (鉛直方向) まわりの回転拘束
6	Z軸 (横行方向) まわりの回転拘束

図-158 3次元FEMモデル

4.7 固有周期

(1) 算出結果

表－197 に 1 次振動モードの固有周期算出結果を示し、図－159 にサイドローディングキャスクの 1 次振動モデルを示す。固有周期は [REDACTED] であることから、サイドローディングキャスク（接続時）は剛構造であることを確認した。

表－197 1 次振動モードの固有周期

次数	固有周期 (s)
1 次	[REDACTED]

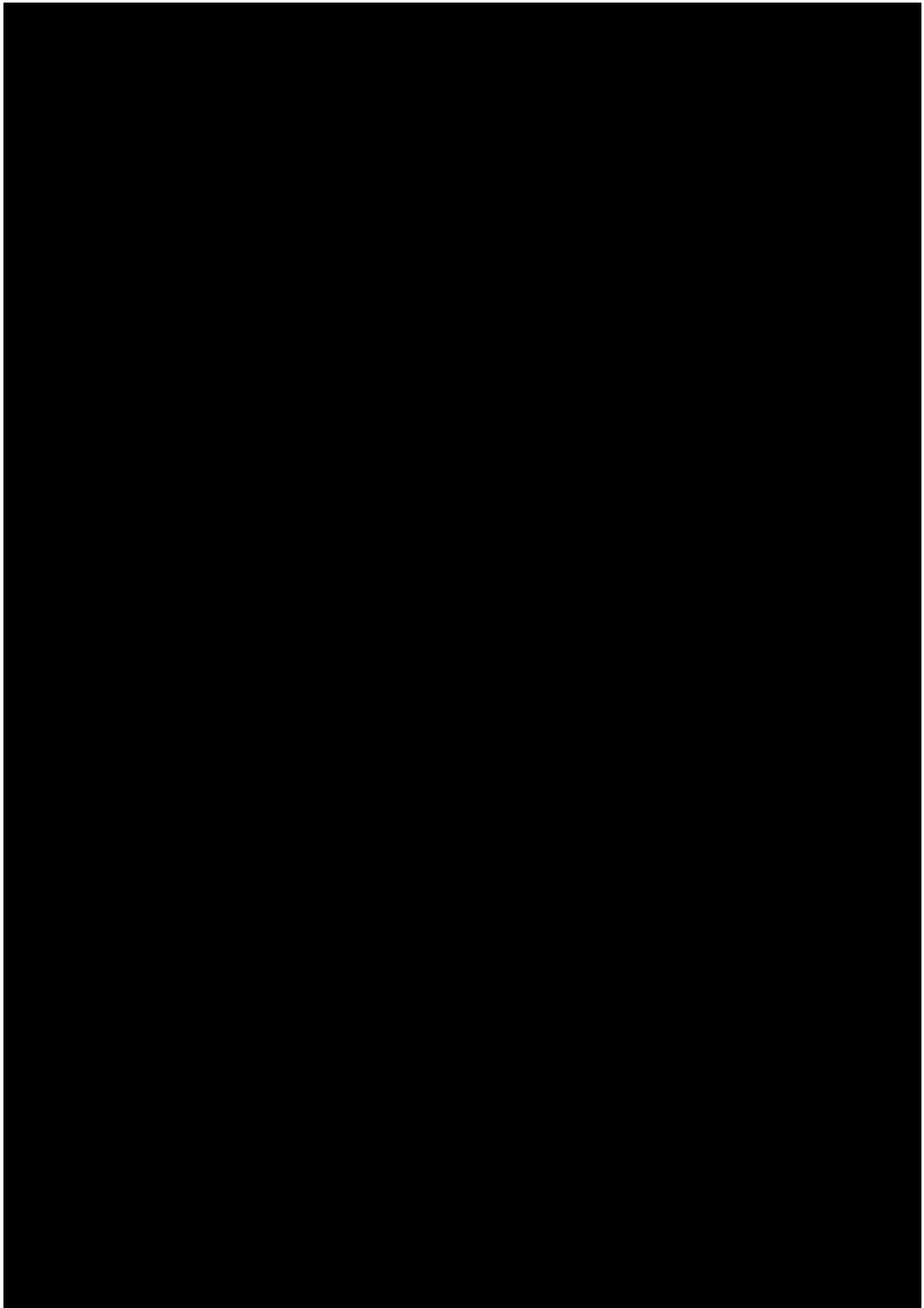


図-159 サイドローディングギヤスクの1次振動モデル

4.8 設計用地震力

固有周期解析で、サイドローディングキャスクは剛構造であることを確認したことから、静的な設計用地震力及び共用状態を表－198、Ss900の階別設計用震度を表－199に示す。サイドローディングキャスクは1階で使用されるため、1階におけるSs900の設計用震度を採用する。

表－198 設計用地震力及び共用状態

耐震クラス	設計用地震力	供用状態
S	Ss900	Ds

表－199 Ss900の階別設計用震度*

階層	水平設計用震度		鉛直設計用震度
	EW 方向	NS 方向	UD 方向
	C_{HX}	C_{HY}	C_V
2 階 (T. P. +47.8m)	1.74	1.74	0.91
1 階 (T. P. +40.8m)	1.26	1.26	0.90
地下 1 階 (T. P. +33.3m)	0.84	0.84	0.89

*：Ss900 の階別設計用震度は、以下で示した床応答加速度を 1.2 倍し、重力加速度（980.665cm/s²）で割り、小数点第 3 位の値を切り上げた値で設定した。

なお、水平方向設計用震度については EW 方向と NS 方向の最大応答加速度を各階層毎に比較し、大きい方の値を水平 X 方向及び水平 Y 方向の水平方向設計震度として設定した。

参考資料 4－2－1：建屋の Ss900 による耐震性に関する評価結果

4.2 地震応答解析結果 図－54, 55 最大応答加速度（水平方向）の Ss900-①

地震応答解析結果 図－60 最大応答加速度（鉛直方向）の Ss900-①

4.9 応力評価

4.9.1 キャスク固定ボルト（質点系モデル）

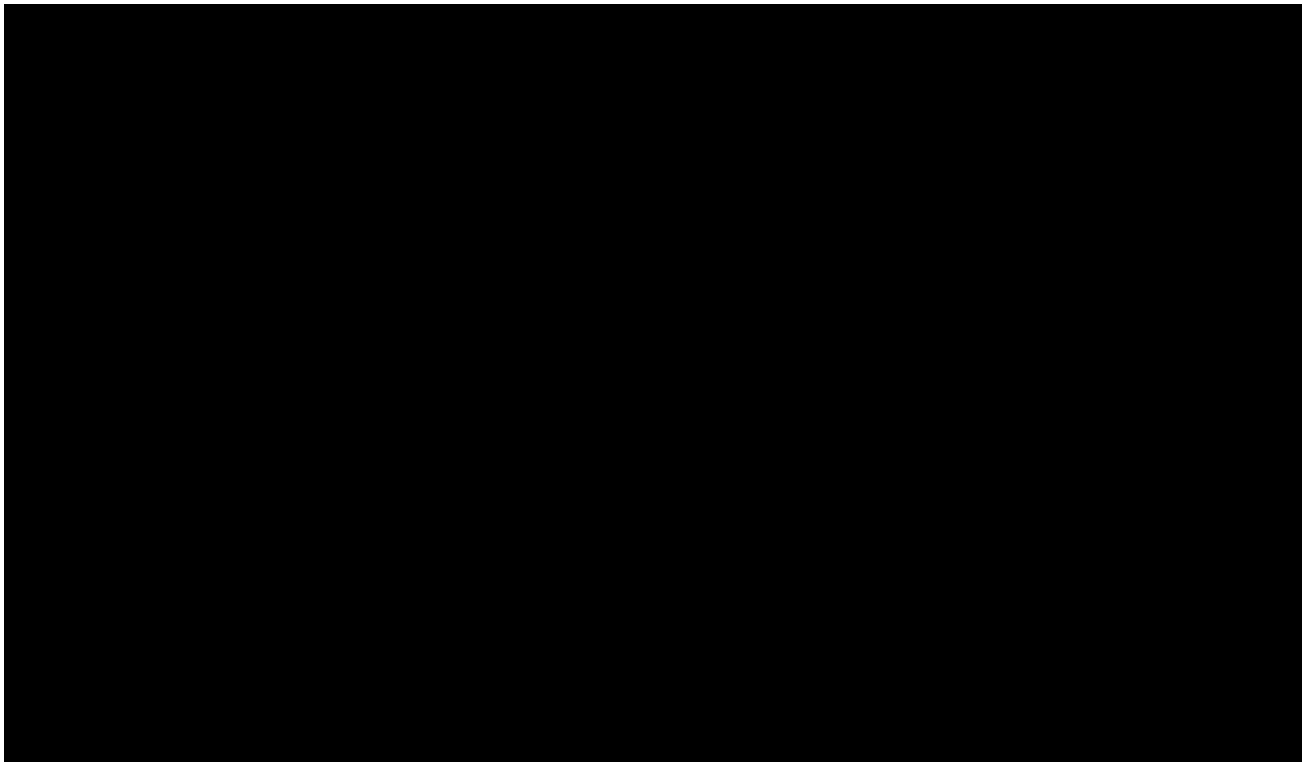
(1) 応力評価モデル及び諸元

図－160～162にキャスク固定ボルトの応力評価モデルを示し，表－200に応力評価諸元を示す。以下に評価モデルの概要と諸元を示す。

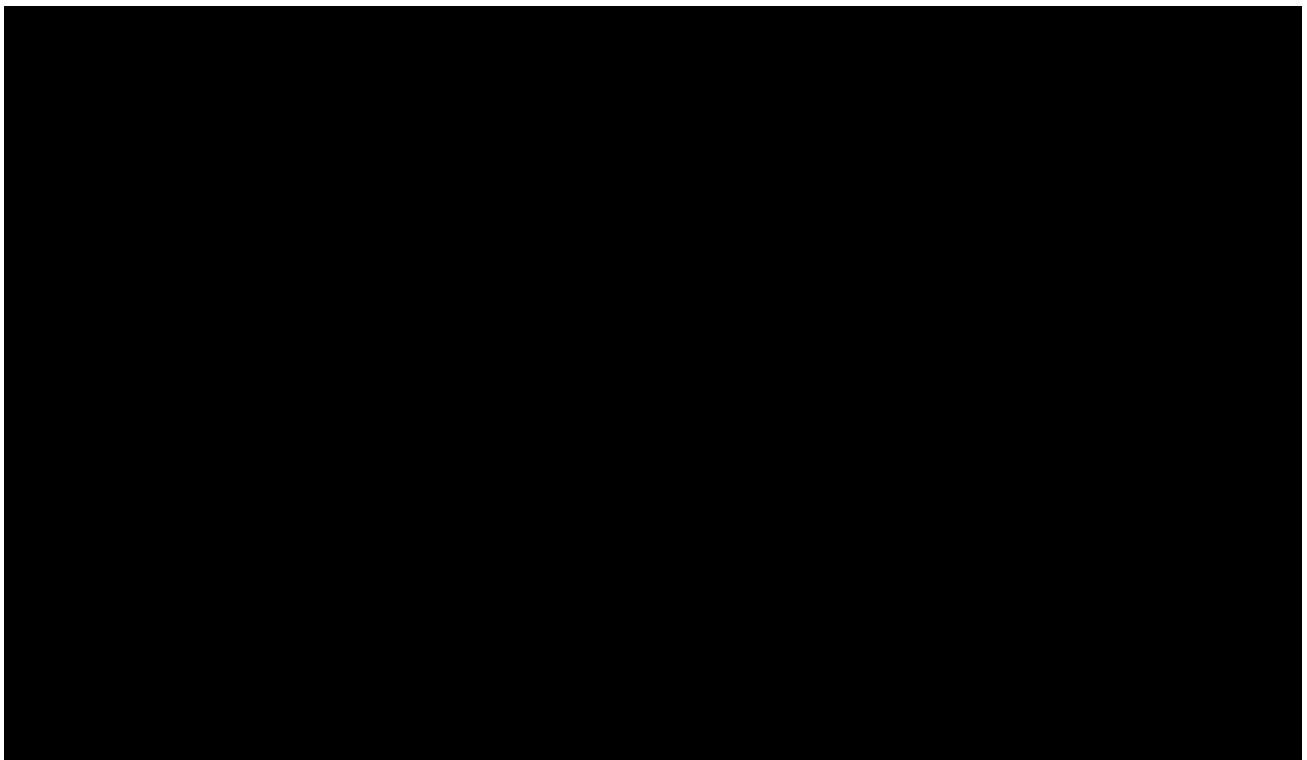
- ・ 図－160は水平X方向の水平地震力がキャスク固定ボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平X方向の水平地震力はキャスク固定ボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため，せん断力が発生する。また，キャスク固定ボルトの設置位置と重心位置がずれているため，転倒モーメントが生じることから，せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え，他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－161は水平Y方向の水平地震力がキャスク固定ボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平Y方向の水平地震力はキャスク固定ボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため，せん断力が発生する。また，キャスク固定ボルトの設置位置と重心位置がずれているため，転倒モーメントが生じることから，せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え，他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－162は鉛直地震力（Z 方向）及び自重がキャスク固定ボルトに作用する場合の評価モデルを示している。鉛直地震力（Z 方向）及び自重はキャスク固定ボルトの差し込み方向と同じ向きに作用するため，引張力が発生する。片側の列のボルトを支点とする転倒を考え，引張力を片側の列のボルトで受けるものとして評価する。また，自重は鉛直方向（Z 方向）の引張力を打ち消す方向に働くため，負の引張力とする。

表-200 キャスク固定ボルトの応力評価諸元

記号	記載内容	値	単位
A_{bA}	キャスク固定ボルトの断面積	113.1	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	1.26	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	1.26	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	0.90	—
D_{bA}	キャスク固定ボルトの呼び径	12	mm
F	基準強度（設計・建設規格 SSB-3133 に定める値）	—	MPa
F_{bA}	キャスク固定ボルトに作用する引張力	—	N
F_{bGXA}	自重によってキャスク固定ボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bGYA}	自重によってキャスク固定ボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bXA}	水平地震力によってキャスク固定ボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bYA}	水平地震力によってキャスク固定ボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
F_{bZXA}	鉛直地震力によってキャスク固定ボルトに作用する引張力（Y 軸周り）	—	N
F_{bZYA}	鉛直地震力によってキャスク固定ボルトに作用する引張力（X 軸周り）	—	N
f_s	許容せん断応力	—	MPa
f_t	許容引張応力	—	MPa
f_{ts}	引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力	—	MPa
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
l_{gA}	サイドローディングキャスクの重心高さ	393	mm
L_{X1A}	重心とキャスク固定ボルトの距離（水平 X 方向）	225	mm
L_{X2A}	重心とキャスク固定ボルトの距離（水平 X 方向）	225	mm
L_{Y1A}	重心とキャスク固定ボルトの距離（水平 Y 方向）	710	mm
L_{Y2A}	重心とキャスク固定ボルトの距離（水平 Y 方向）	710	mm
m_A	サイドローディングキャスクの質量	4350	kg
n_A	せん断力が作用するキャスク固定ボルトの本数	4	—
n_{fXA}	引張力が作用するキャスク固定ボルトの本数（水平 X 方向）	2	—
n_{fYA}	引張力が作用するキャスク固定ボルトの本数（水平 Y 方向）	2	—
Q_{bA}	キャスク固定ボルトにかかるせん断力	—	N
σ_{bA}	キャスク固定ボルトに作用する引張応力	—	MPa
τ_{bA}	キャスク固定ボルトにかかるせん断応力	—	MPa



図－160 水平 X 方向の水平地震力によって作用するキャスク固定ボルトの
応力評価モデル



図－161 水平 Y 方向の水平地震力によって作用するキャスク固定ボルトの
応力評価モデル



図－162 鉛直地震力（Z 方向）及び自重によって作用するキャスク固定ボルトの
応力評価モデル

(2) 計算方法

a. 引張応力

キャスク固定ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{bXA} （水平X方向）、 F_{bYA} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{bZXA} （水平X方向）、 F_{bZYA} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のキャスク固定ボルトで受けるものとして計算する。さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として計算する。

水平X方向地震力により生じる引張力

$$F_{bXA} = \frac{m_A \cdot g \cdot C_{HX} \cdot l_{gA}}{n_{fXA} \cdot (L_{X1A} + L_{X2A})}$$

水平Y方向地震力により生じる引張力

$$F_{bYA} = \frac{m_A \cdot g \cdot C_{HY} \cdot l_{gA}}{n_{fYA} \cdot (L_{Y1A} + L_{Y2A})}$$

鉛直地震力（Z方向）により生じる引張力

$$F_{bZXA} = \frac{m_A \cdot g \cdot C_V \cdot L_{X1A}}{n_{fXA} \cdot (L_{X1A} + L_{X2A})}$$

$$F_{bZYA} = \frac{m_A \cdot g \cdot C_V \cdot L_{Y1A}}{n_{fYA} \cdot (L_{Y1A} + L_{Y2A})}$$

自重により生じる引張力

$$F_{bGXA} = \frac{m_A \cdot g \cdot L_{X1A}}{n_{fXA} (L_{X1A} + L_{X2A})}$$

$$F_{bGYA} = \frac{m_A \cdot g \cdot L_{Y1A}}{n_{fYA} (L_{Y1A} + L_{Y2A})}$$

キャスク固定ボルトに作用する引張力 F_{bA} は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。ただし、引張力の大小関係は $F_{bYA} < F_{bZXA} < F_{bXA}$ 、 $F_{bYA} < F_{bZYA} < F_{bXA}$ である。

$$F_{bA} = \max(1.0F_{bXA} + 0.4F_{bYA} + 0.4F_{bZXA} - F_{bGXA}, 1.0F_{bXA} + 0.4F_{bYA} + 0.4F_{bZYA} - F_{bGYA})$$

引張応力 σ_{bA} は以下の式で得られる。

$$\sigma_{bA} = \frac{F_{bA}}{A_{bA}}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bA} は以下の式で求める。

$$A_{bA} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bA}^2$$

b. せん断応力

地震力によりキャスク固定ボルトに作用するせん断力は、水平2方向（水平X方向及び水平Y方向）荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。キャスク固定ボルトに作用するせん断荷重は、4本のキャスク固定ボルトに均等に荷重が作用するものとする。キャスク固定ボルトのせん断力 Q_{bA} は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_{bA} = \max(m_A \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, m_A \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_{bA} は以下の式で得られる。

$$\tau_{bA} = \frac{Q_{bA}}{A_{bA} \cdot n_A}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bA} は以下の式で求める。

$$A_{bA} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bA}^2$$

c. 許容応力

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_{bA}, f_t)$$

SCM435はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い以下のとおりである。

$$F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$$

(3) 評価結果

キャスク固定ボルトの応力評価結果を表-201に示す。

表-201 キャスク固定ボルトの応力評価結果

評価設備	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
サイドローディングキャスク (接続時)	Ss900 $\left(\begin{array}{l} C_{HX}=1.26 \\ C_{HY}=1.26 \\ C_V=0.90 \end{array} \right)$	キャスク固定 ボルト	引張	174	442
			せん断	128	356

評価結果から、キャスク固定ボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

4.9.2 台座固定ボルト（質点系モデル）

(1) 応力評価モデル及び諸元

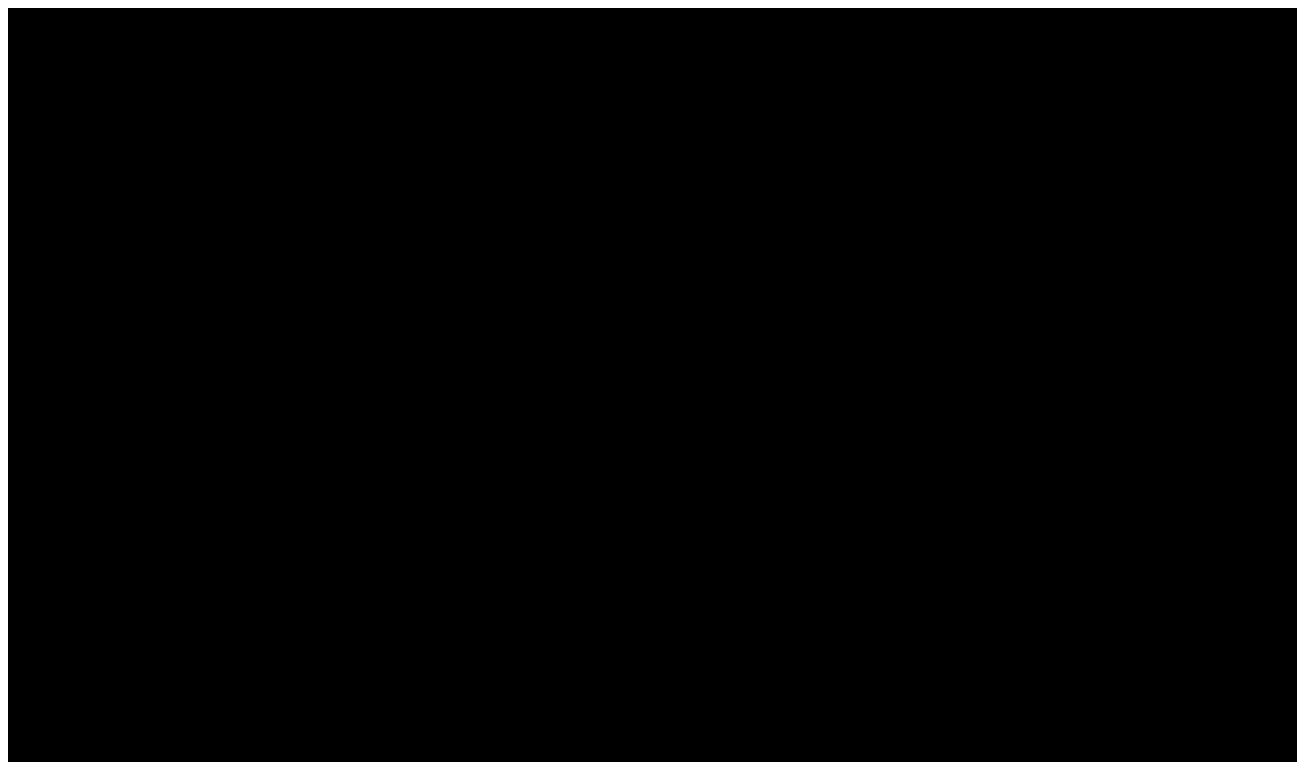
図－163～165に台座固定ボルトの応力評価モデルを示し、表－202に応力評価諸元を示す。以下に解析モデルの概要と諸元を示す。

- ・ 図－163は水平X方向の水平地震力が台座固定ボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平X方向の水平地震力は台座固定ボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、台座固定ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え、他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－164は水平Y方向の水平地震力が台座固定ボルトに作用する場合の評価モデルを示している。水平Y方向の水平地震力は台座固定ボルトの差し込み方向に対して直角方向に作用するため、せん断力が発生する。また、台座固定ボルトの設置位置と重心位置がずれているため、転倒モーメントが生じることから、せん断力に加えて引張力が発生する。片側の列のボルトを転倒支点と考え、他方の列のボルトでこれを受けるものとする。
- ・ 図－165は鉛直地震力（Z方向）及び自重が台座固定ボルトに作用する場合の評価モデルを示している。鉛直地震力（Z方向）及び自重は台座固定ボルトの差し込み方向と同じ向きに作用するため、引張力が発生する。片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、引張力を片側の列のボルトで受けるものとして評価する。また、自重は鉛直方向（Z方向）の引張力を打ち消す方向に働くため、負の引張力とする。

表－202 台座固定ボルトの応力評価諸元

記号	記載内容	値	単位
A_{bB}	台座固定ボルトの断面積	201.1	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平X方向）	1.26	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平Y方向）	1.26	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z方向）	0.90	—
D_{bB}	台座固定ボルトの呼び径	16	mm
F	基準強度（設計・建設規格 SSB-3133 に定める値）	—	MPa
F_{bB}	台座固定ボルトに作用する引張力	—	N
F_{bGXB}	自重によって台座固定ボルトに作用する引張力（Y軸周り）	—	N
F_{bGYB}	自重によって台座固定ボルトに作用する引張力（X軸周り）	—	N
F_{bXB}	水平地震力によって台座固定ボルトに作用する引張力（Y軸周り）	—	N
F_{bYB}	水平地震力によって台座固定ボルトに作用する引張力（X軸周り）	—	N
F_{bZXB}	鉛直地震力によって台座固定ボルトに作用する引張力（Y軸周り）	—	N
F_{bZYB}	鉛直地震力によって台座固定ボルトに作用する引張力（X軸周り）	—	N
f_s	許容せん断応力	—	MPa

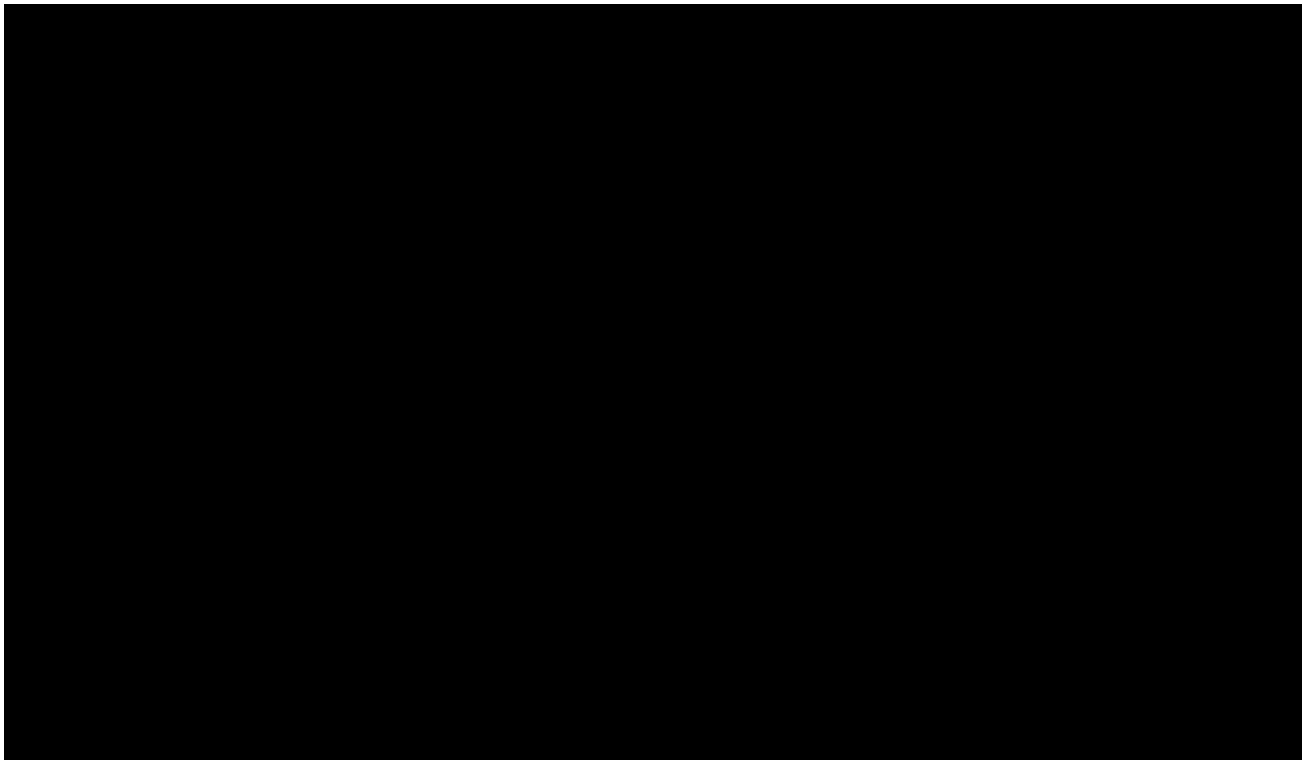
f_t	許容引張応力	—	MPa
f_{ts}	引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力	—	MPa
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
l_{gB}	サイドローディングキャスクの重心高さ（クレイドル含む）	440	mm
L_{X1B}	重心と台座固定ボルトの距離（水平 X 方向）	137.5	mm
L_{X2B}	重心と台座固定ボルトの距離（水平 X 方向）	137.5	mm
L_{Y1B}	重心と台座固定ボルトの距離（水平 Y 方向）	202.5	mm
L_{Y2B}	重心と台座固定ボルトの距離（水平 Y 方向）	202.5	mm
m_B	サイドローディングキャスクの質量（クレイドル含む）	4420	kg
n_B	せん断力が作用する台座固定ボルトの全本数	4	—
n_{fXB}	引張力が作用する台座固定ボルトの本数（水平 X 方向）	2	—
n_{fYB}	引張力が作用する台座固定ボルトの本数（水平 Y 方向）	2	—
Q_{bB}	台座固定ボルトにかかるせん断力	—	N
σ_{bB}	台座固定ボルトに作用する引張応力	—	MPa
τ_{bB}	台座固定ボルトにかかるせん断応力	—	MPa



図－163 水平 X 方向の水平地震力によって作用する台座固定ボルトの応力評価モデル



図－164 水平 Y 方向の水平地震力によって作用する台座固定ボルトの応力評価モデル



図－165 鉛直地震力（Z 方向）及び自重によって作用する台座固定ボルトの
応力評価モデル

(2) 計算方法

a. 引張応力

台座固定ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{bXB} （水平X方向）、 F_{bYB} （水平Y方向）及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{bZXB} （水平X方向）、 F_{bZYB} （水平Y方向）は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列の台座固定ボルトで受けるものとして計算する。さらに、引張力は自重によって打ち消されるため、負の引張力として計算する。

水平X方向地震力により生じる引張力

$$F_{bXB} = \frac{m_B \cdot g \cdot C_{HX} \cdot l_{gB}}{n_{fXB} \cdot (L_{X1B} + L_{X2B})}$$

水平Y方向地震力により生じる引張力

$$F_{bYB} = \frac{m_B \cdot g \cdot C_{HY} \cdot l_{gB}}{n_{fYB} \cdot (L_{Y1B} + L_{Y2B})}$$

鉛直地震力（Z方向）により生じる引張力

$$F_{bZXB} = \frac{m_B \cdot g \cdot C_V \cdot L_{X1B}}{n_{fXB} \cdot (L_{X1B} + L_{X2B})}$$

$$F_{bZYB} = \frac{m_B \cdot g \cdot C_V \cdot L_{Y1B}}{n_{fYB} \cdot (L_{Y1B} + L_{Y2B})}$$

自重により生じる引張力

$$F_{bGXB} = \frac{m_B \cdot g \cdot L_{X1B}}{n_{fXB} (L_{X1B} + L_{X2B})}$$

$$F_{bGYB} = \frac{m_B \cdot g \cdot L_{Y1B}}{n_{fYB} (L_{Y1B} + L_{Y2B})}$$

台座固定ボルトに作用する引張力 F_{bB} は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。ただし、引張力の大小関係は $F_{bZXB} < F_{bYB} < F_{bXB}$ 、 $F_{bZYB} < F_{bYB} < F_{bXB}$ である。

$$F_{bB} = \max(1.0F_{bXB} + 0.4F_{bYB} + 0.4F_{bZXB} - F_{bGXB}, \quad 1.0F_{bXB} + 0.4F_{bYB} + 0.4F_{bZYB} - F_{bGYB})$$

引張応力 σ_{bB} は以下の式で得られる。

$$\sigma_{bB} = \frac{F_{bB}}{A_{bB}}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bB} は以下の式で求める。

$$A_{bB} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bB}^2$$

b. セン断応力

地震力により台座固定ボルトに作用するせん断力は、水平2方向（水平X方向及び水平Y方向）荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。台座固定ボルトに作用するせん断荷重は、4本の台座固定ボルトに均等に荷重が作用するものとする。台座固定ボルトのせん断力 Q_{bB} は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_{bB} = \max(m_B \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, \quad m_B \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_{bB} は以下の式で得られる。

$$\tau_{bB} = \frac{Q_{bB}}{A_{bB} \cdot n_B}$$

ここで、ボルトの断面積 A_{bB} は以下の式で求める。

$$A_{bB} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{bB}^2$$

c. 許容応力

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_{bB}, \quad f_t)$$

SCM435はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い以下のとおりである。

$$F = \min(1.2S_y, \quad 0.7S_u)$$

(3) 評価結果

台座固定ボルトの応力評価結果を表－203に示す。

表－203 台座固定ボルトの応力評価結果

評価設備	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
サイドローディングキャスク (接続時)	Ss900 $\left(\begin{array}{l} C_{HX}=1.26 \\ C_{HY}=1.26 \\ C_V=0.90 \end{array} \right)$	台座固定 ボルト	引張	242	462
			せん断	74	356

評価結果から、台座固定ボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

4.9.3 基礎ボルト（FEMモデル）

(1) 評価モデル及び諸元

評価モデル及び諸元は「4.6 3次元 FEM モデルの概要及び諸元」に準じる。

(2) 計算方法

a. 引張応力

コンクリートセルに固定する基礎ボルト、床基礎ボルト（1点支持部）及び床基礎ボルト（2点支持部）に作用する引張力 F_{bXW} 、 F_{bYF1} 、 F_{bYF2} がFEM解析から算出されるため、引張応力 σ_{bW} 、 σ_{bF} 及び σ_{bF2} は以下の式で得られる。

コンクリートセルに固定する基礎ボルトの引張応力

$$\sigma_{bW} = \frac{F_{bXW}}{A_b}$$

床基礎ボルト（1点支持部）の引張応力

$$\sigma_{bF} = \frac{F_{bYF1}}{A_b}$$

床基礎ボルト（2点支持部）の引張応力

$$\sigma_{bF2} = \frac{F_{bYF2}}{2 \cdot A_b} + \sigma_M$$

$$\sigma_M = \frac{I_z}{L \cdot A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot D_b^2$$

b. せん断応力

コンクリートセルに固定する基礎ボルト、床基礎ボルト（1点支持部）及び床基礎ボルト（2点支持部）に作用するせん断力 Q_{bYW} 、 Q_{bZW} 、 Q_{bXF} 、 Q_{bZF} 、 Q_{bXF2} 、 Q_{bZF2} がFEM解析から算出されるため、せん断応力 τ_{bW} 、 τ_{bF} 、 τ_{bF2} は以下の式で得られる。

コンクリートセルに固定する基礎ボルトのせん断応力

$$\tau_{bW} = \frac{\sqrt{Q_{bYW}^2 + Q_{bZW}^2}}{A_b}$$

床基礎ボルト（1点支持部）のせん断応力

$$\tau_{bF} = \frac{\sqrt{Q_{bXF}^2 + Q_{bZF}^2}}{A_b}$$

床基礎ボルト（2点支持部）のせん断応力

$$\tau_{bF2} = \frac{\sqrt{Q_{bXF2}^2 + Q_{bZF2}^2}}{2 \cdot A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot D_b^2$$

c. 許容応力

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$

$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min\left(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_{bw}^*, f_t\right)$$

＊：組合せ応力が最大となる場合のせん断応力

SS400はオーステナイト系ステンレス鋼又は高ニッケル合金ではないため、F値の計算式は「設計・建設規格 SSB-3121.1(1)」に従い以下の式となる。

$$F = \min(1.2S_y, 0.7S_u)$$

(3) 評価結果

基礎ボルトの応力評価結果を表－204に示し、その最大応力発生箇所を図－166に示す。

表－204 基礎ボルトの応力評価結果

評価設備	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
サイドローディングキャスク（接続時）	Ss900 $\left(\begin{matrix} C_{HX}=1.26 \\ C_{HY}=1.26 \\ C_V=0.90 \end{matrix} \right)$	基礎ボルト	引張	146	204
			せん断	38	157

評価結果から、基礎ボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。

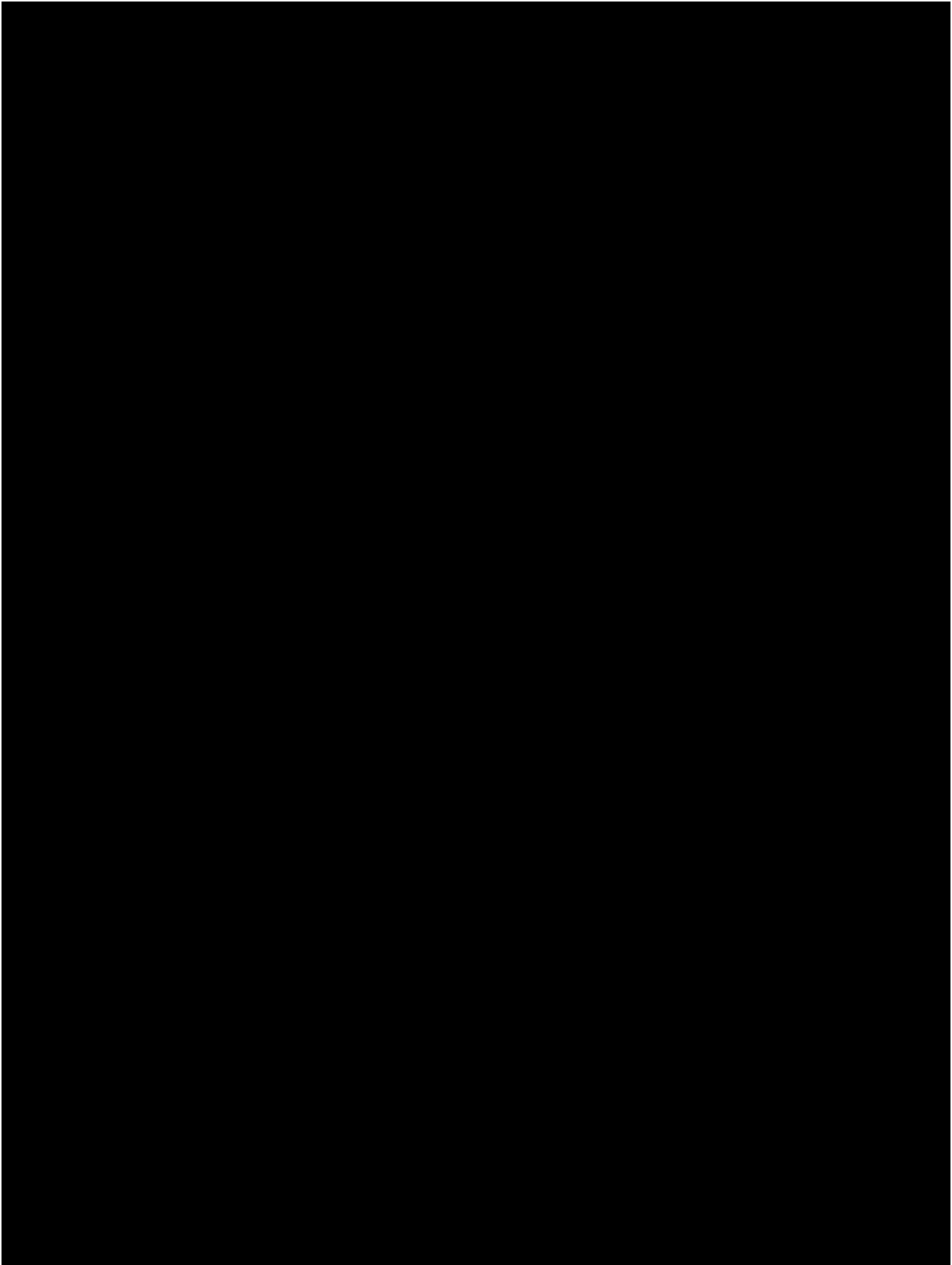


図-166 サイドローディングキャスク（接続時）における各最大応力の発生箇所

5. 排気口の波及的影響評価結果

5.1 排気口の概要

第2棟の排気口は、建屋の3/4-E通りに位置し、屋上から上部は外径φ1400mm、長さ15.2mの鋼管である（以下「屋上排気口」という。）。また、屋上から下部は、鉄筋コンクリート造の建屋躯体に鋼管が埋め込まれており、建屋と排気口は一体構造である。排気口の配置図等を図-167～169に示す。

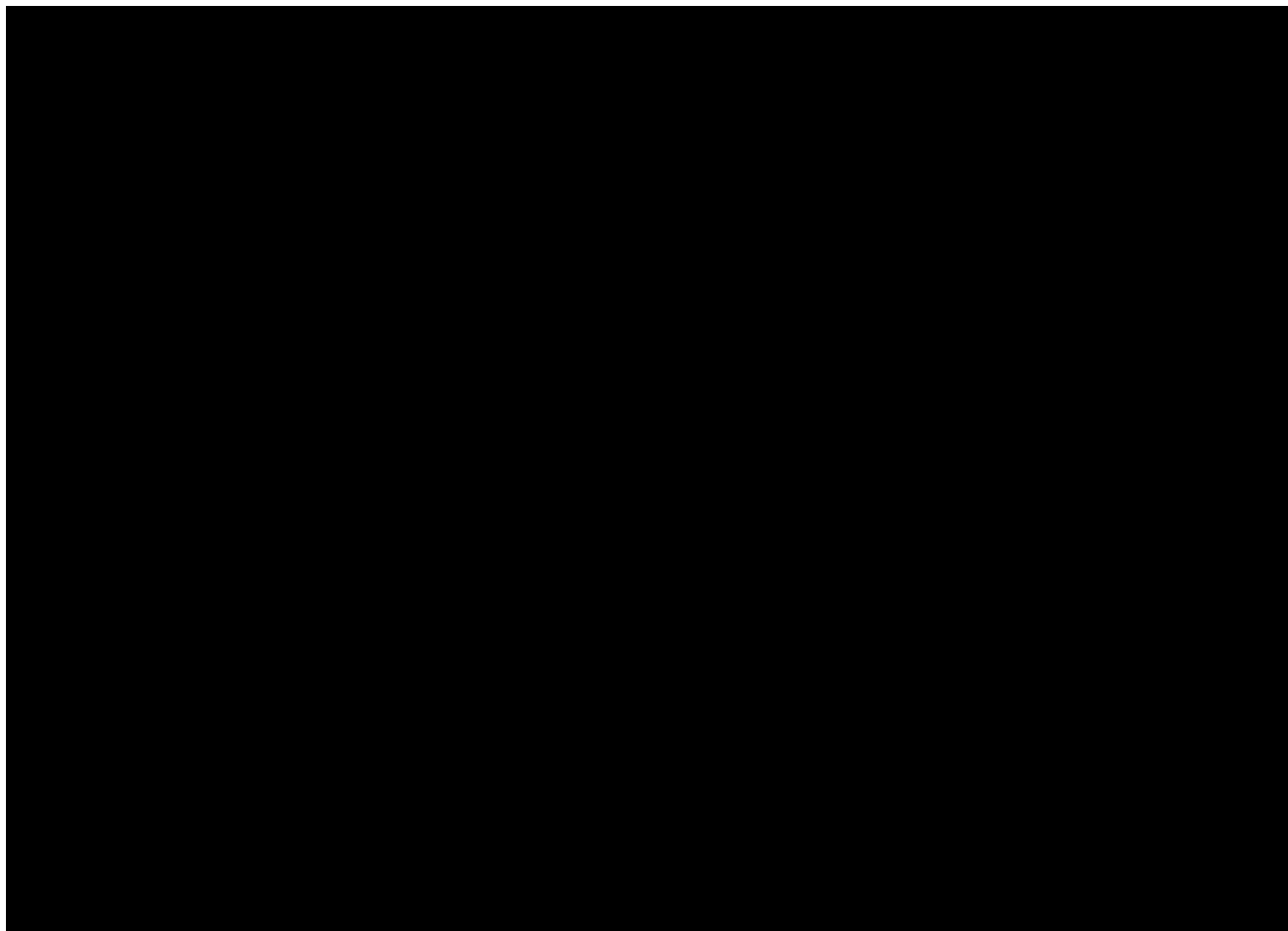


図-167 排気口配置図（平面図）（単位：m）

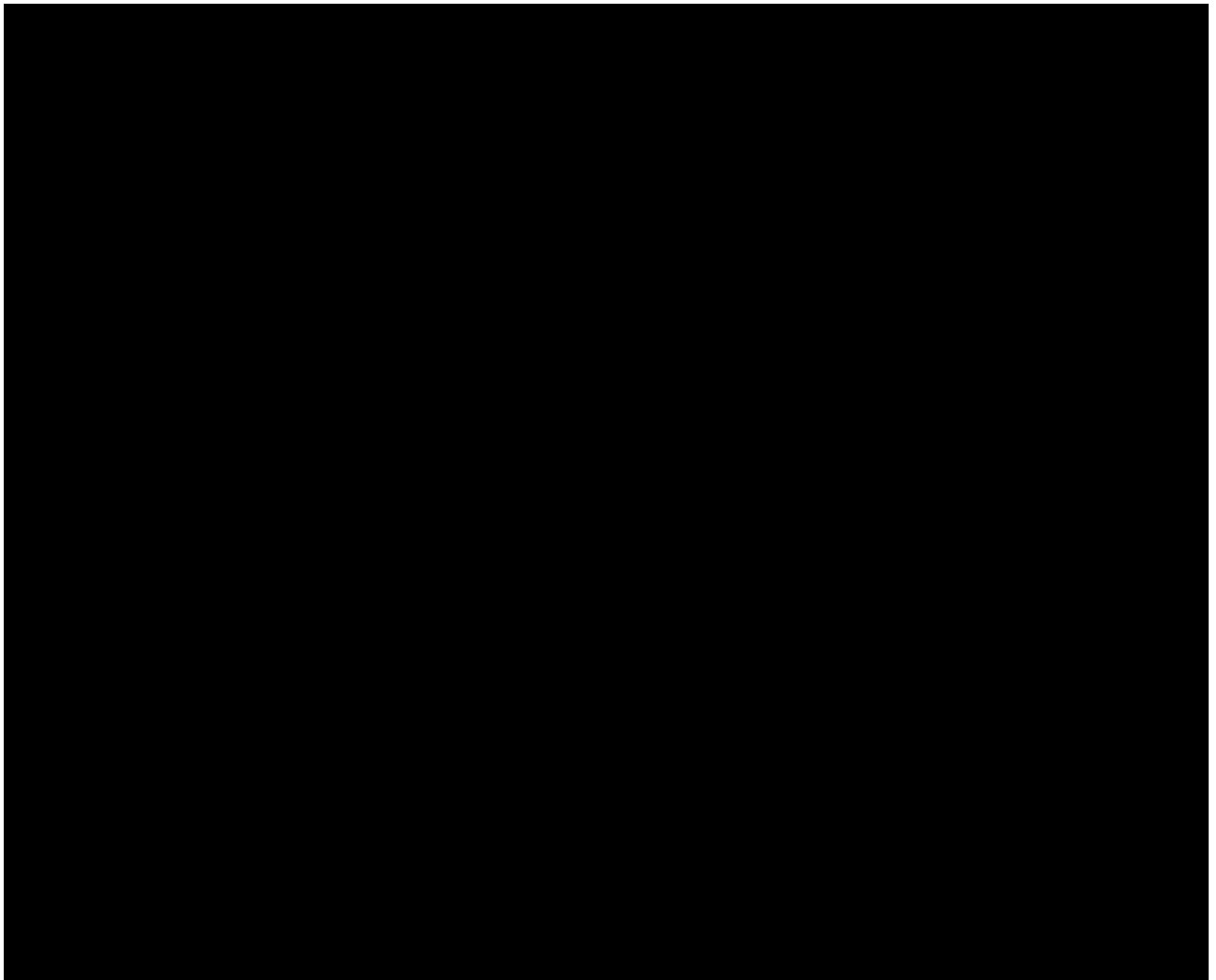


図-168 排気口配置図（断面図）（単位：m）

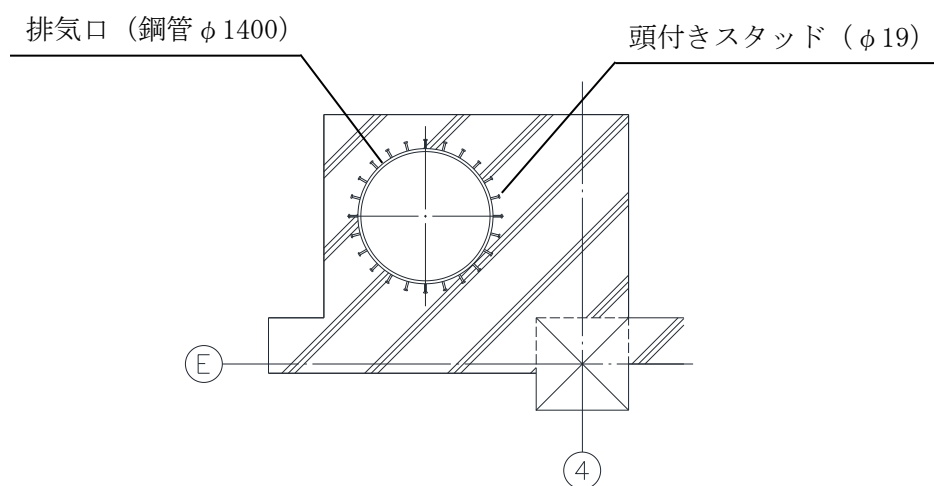
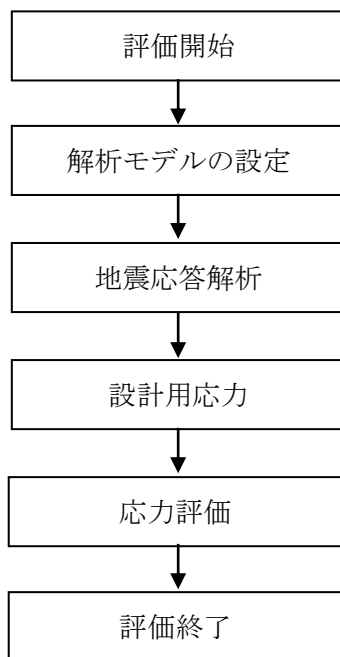


図-169 屋上排気口脚部断面図（A-A 断面）（単位：mm）

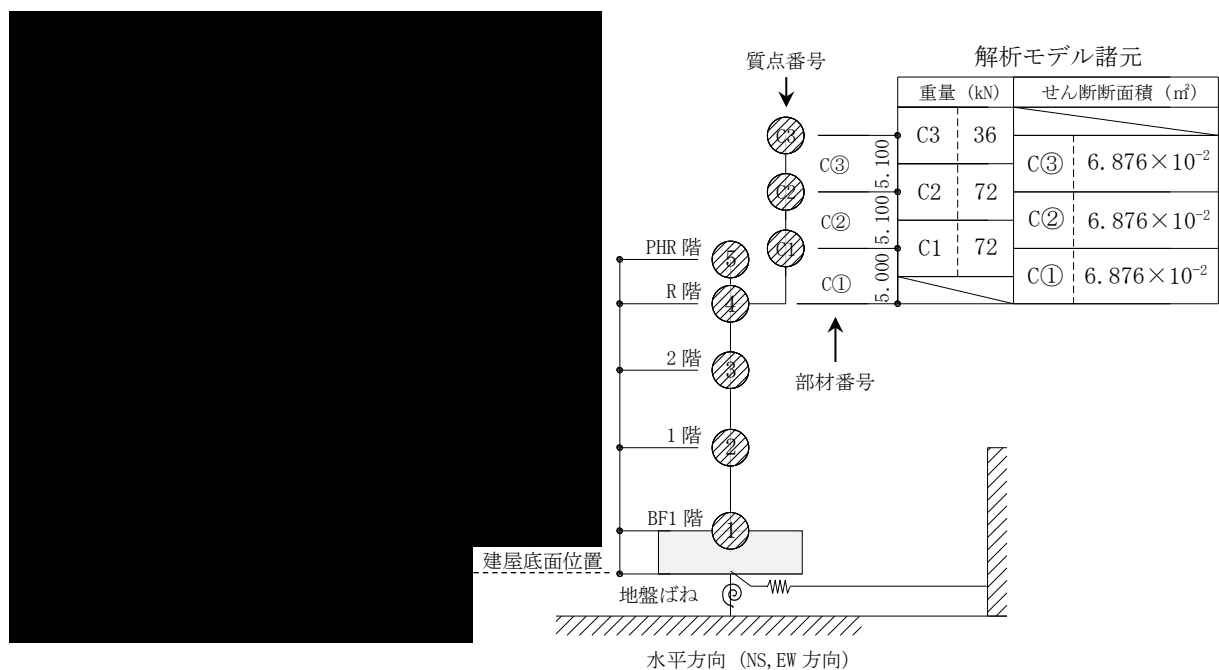
5.2 一般事項

5.2.1 評価方針

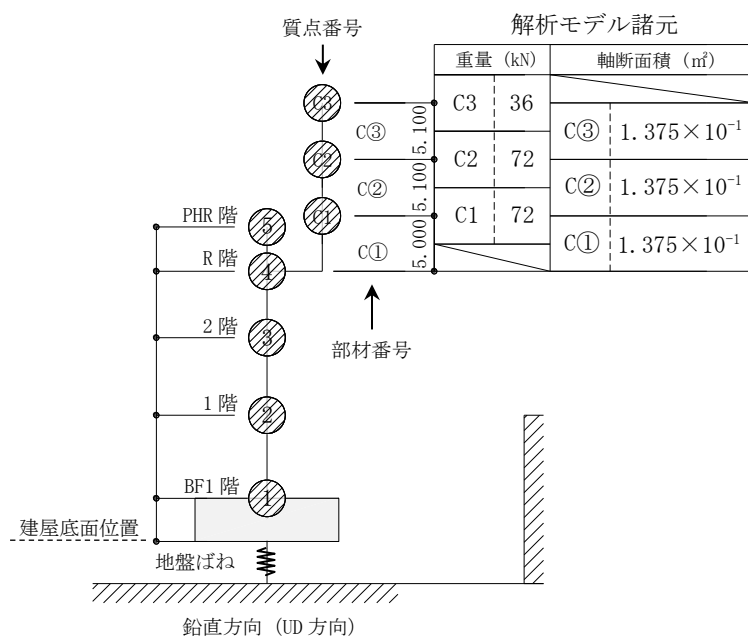
屋上排気口の応力評価は、建屋と一体構造であることから、建屋の耐震性評価に用いた解析モデルに、屋上排気口モデルを追加し、Ss900 地震動による応力が許容限界の範囲内に収まることを確認する。評価フローを図－170 に、解析モデルの諸元を図－171、172 及び表－205 に示す。



図－170 排気口の波及的影響評価（Ss900）フロー



図－171 水平方向の解析モデルの諸元



図－172 鉛直方向の解析モデルの諸元

表－205 屋上排気口（鋼管）の材料定数

	ヤング係数 E (kN/m ²)	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	減衰定数 h (%)
鋼管	2.05 × 10 ⁸	7.90 × 10 ⁷	1.0

5.2.2 評価部位

評価対象部位は、屋上排気口の転倒により建屋が損傷することを防止するため、建屋から突出している屋上排気口の鋼管部及び応力が集中する箇所である屋上排気口脚部を評価対象とする。

5.3 地震応答解析

5.3.1 評価方法

検討に用いる地震動、建屋概要、解析方法、建屋解析モデルの諸元及び地盤モデルの設定については、参考資料 4-2-1「建屋の Ss900 による耐震性に関する評価結果」に準じるものとし、建屋解析モデルの設定に当たっては、質点 4 に見込んでいた分の排気口重量を新たに設けた質点（C1 から C3）に振り分ける。

5.3.2 固有値解析結果

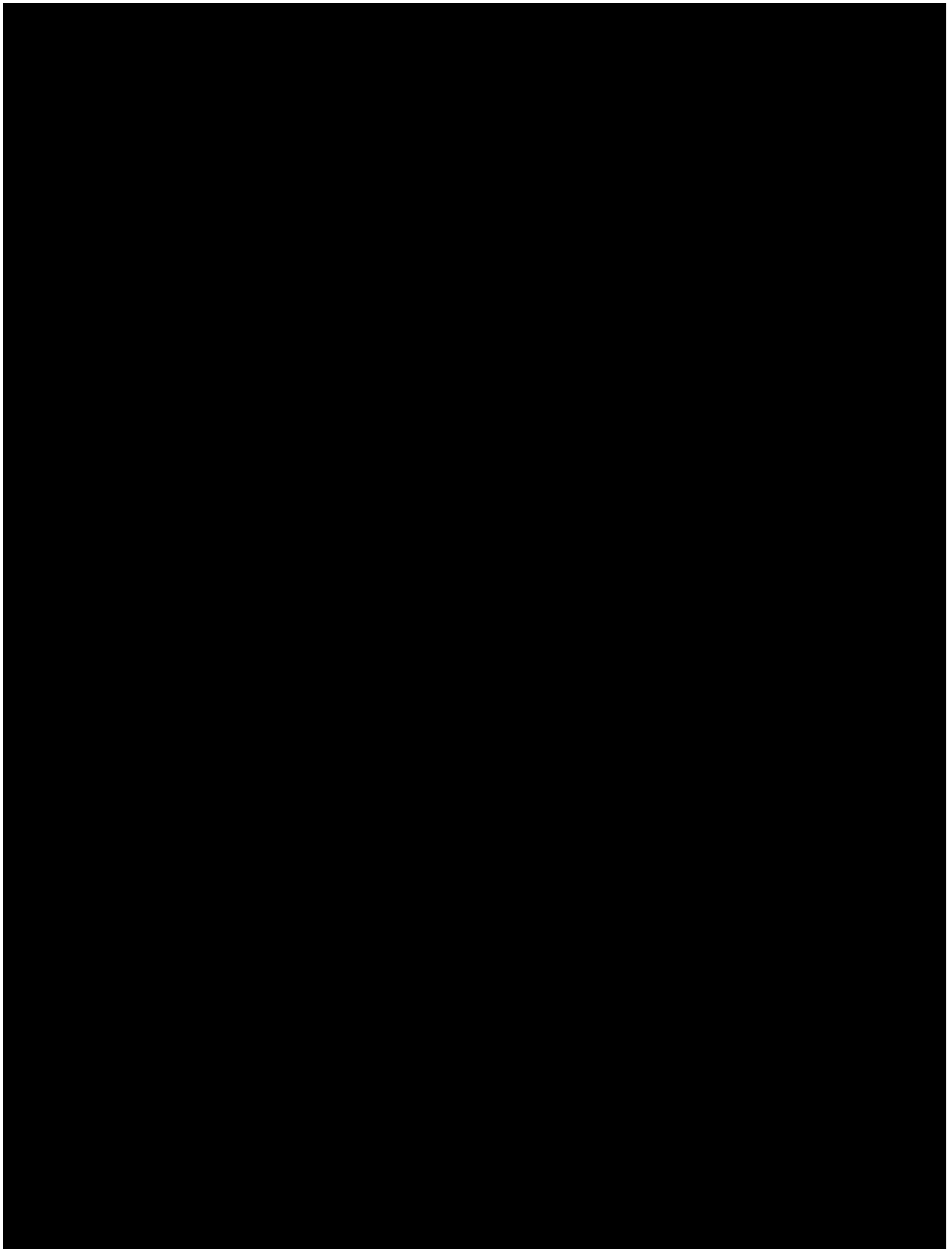
屋上排気口解析モデル（建屋連成）の固有値解析結果を表－206，207 に，振動モード図を図－173，174 に示す。また，建屋単独モデルと建屋・排気口連成モデルの振動モードの差に関する考察を「5.6 建屋単独モデルと建屋・排気口連成モデルの振動モードの差について」に示す。

表－206 建屋連成モデルの固有値解析結果(Ss900-①)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	卓越部位
NS	1	0.279	3.58	建屋
	2	0.205	4.87	排気口
	3	0.161	6.22	建屋
EW	1	0.263	3.81	建屋
	2	0.205	4.87	排気口
	3	0.161	6.22	建屋
UD	1	0.161	6.22	建屋
	2	0.029	34.17	建屋
	3	0.016	64.23	建屋

表－207 建屋連成モデルの固有値解析結果(Ss900-②)

方向	次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	卓越部位
NS	1	0.269	3.72	建屋
	2	0.205	4.87	排気口
	3	0.132	7.56	建屋
EW	1	0.249	4.01	建屋
	2	0.205	4.87	排気口
	3	0.128	7.83	建屋
UD	1	0.151	6.61	建屋
	2	0.029	34.24	建屋
	3	0.016	64.24	建屋



図－173 建屋連成モデルの振動モード図 (Ss900-①)

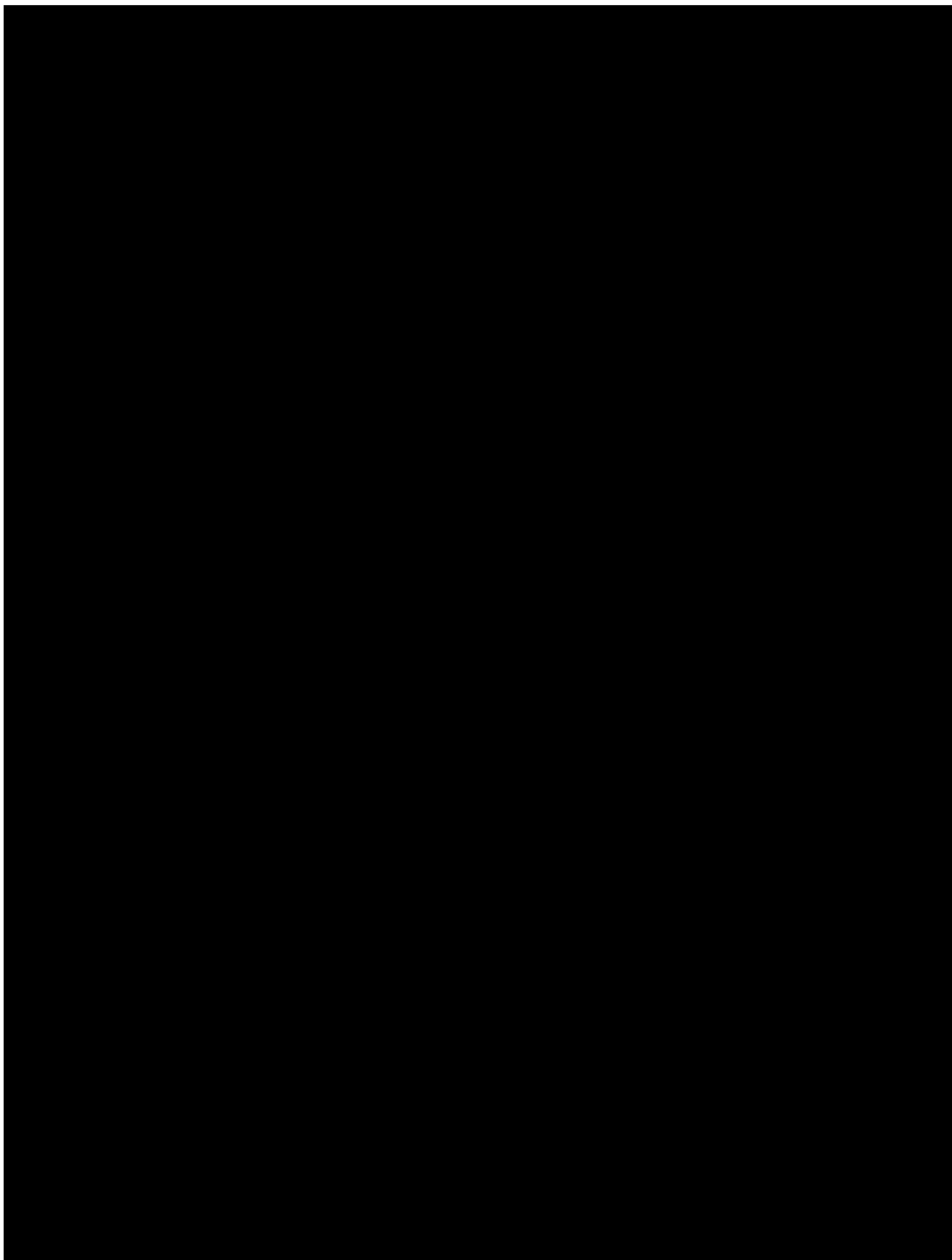
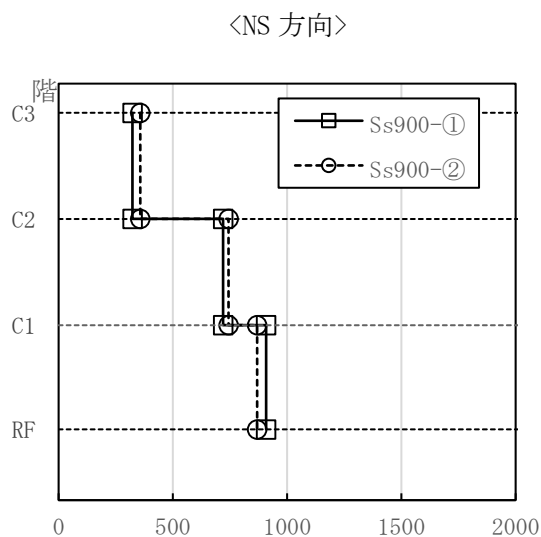


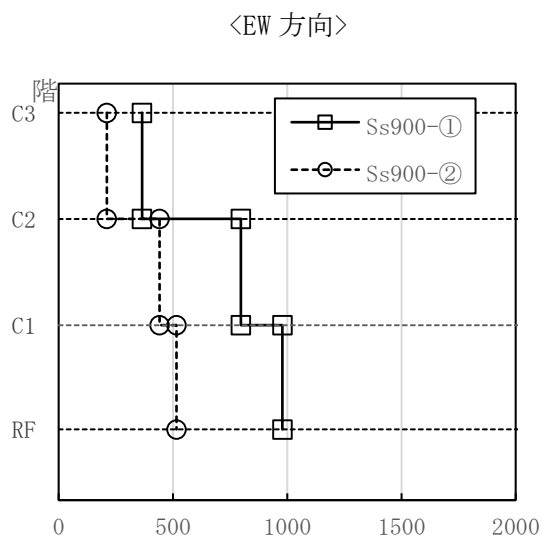
図-174 建屋連成モデルの振動モード図 (Ss900-②)

5.3.3 地震応答解析結果(最大応答せん断力)

屋上排気口解析モデルの地震応答解析結果（最大応答せん断力）を図－175，176 及び表－208，209 に示す。なお，Ss900-②の応答値が方向により傾向が異なる理由の考察を「5.7 Ss900-②の方向による応答値の差について」に示す。



図－175 排気口に生じる
せん断力 NS 方向[kN]



図－176 排気口に生じる
せん断力 EW 方向[kN]

表－208 排気口に生じる
最大応答せん断力 (NS 方向) [kN]

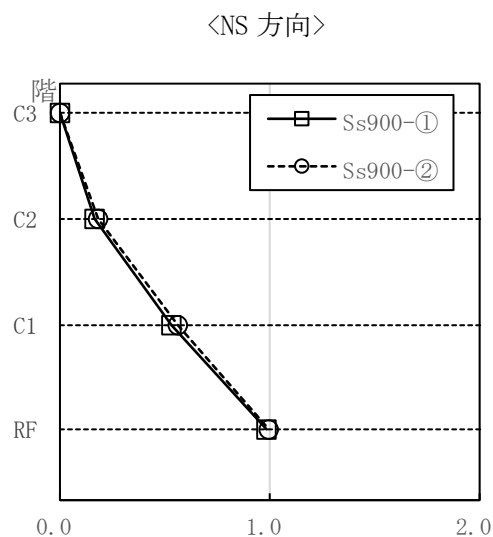
	Ss900-①	Ss900-②
C2～C3	323.1	357.4
C1～C2	719.9	743.8
RF～C1	908.1	868.8

表－209 排気口に生じる
最大応答せん断力 (EW 方向) [kN]

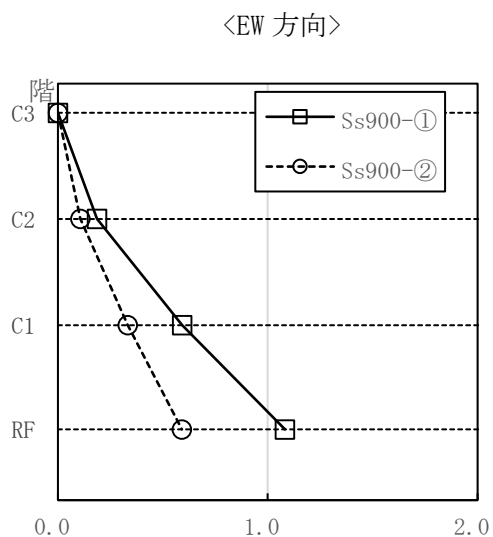
	Ss900-①	Ss900-②
C2～C3	365.2	210.9
C1～C2	796.7	442.1
RF～C1	979.0	515.7

5.3.4 地震応答解析結果（最大応答曲げモーメント）

屋上排気口解析モデルの地震応答解析結果（最大応答曲げモーメント）を図－177、178 及び表－210、211 に示す。なお、Ss900-②の応答値が方向により傾向が異なる理由の考察を「5.7Ss900-②の方向による応答値の差について」に示す。



図－177 排気口に生じる
曲げモーメント NS 方向[×10⁴kN・m]



図－178 排気口に生じる
曲げモーメント EW 方向[×10⁴kN・m]

表－210 排気口に生じる
最大応答曲げモーメント
(NS 方向) [×10⁴kN・m]

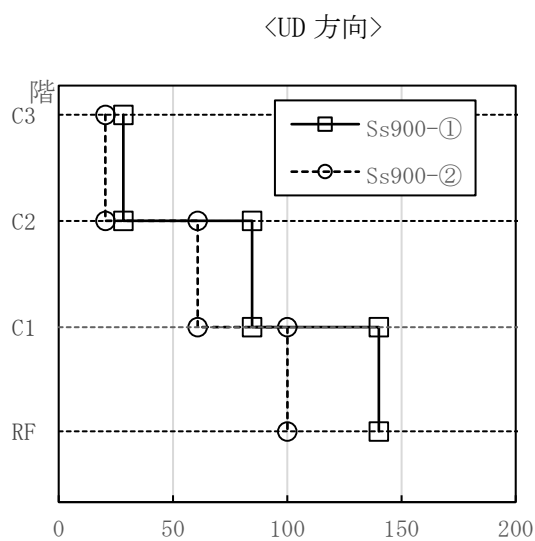
	Ss900-①	Ss900-②
C2～C3	0.1648	0.1823
C1～C2	0.5312	0.5616
RF～C1	0.9847	0.9958

表－211 排気口に生じる
最大応答曲げモーメント
(EW 方向) [×10⁴kN・m]

	Ss900-①	Ss900-②
C2～C3	0.1863	0.1075
C1～C2	0.5926	0.3330
RF～C1	1.082	0.5908

5.3.5 地震応答解析結果（最大応答軸力）

屋上排気口解析モデルの地震応答解析結果（最大応答軸力）を図－179 及び表－212 に示す。



図－179 排気口に生じる軸力 UD 方向[kN]

表－212 排気口に生じる最大応答軸力
(UD 方向) [kN]

	Ss900-①	Ss900-②
C2～C3	28.28	20.42
C1～C2	84.57	60.81
RF～C1	140.1	100.1

5.4 応力評価の方針

5.4.1 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ

各設計用応力は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考に組合せ係数法を用いて設定する。荷重の組合せケースを表-213 に示す。

表-213 荷重の組合せ

名称	耐震クラス	波及的影響	荷重の組合せ
排気口	C	Ss900	$G+K_V+K_H$

【記号の説明】

G：固定荷重

K_V ：鉛直方向地震荷重

K_H ：水平方向加振時の水平方向地震荷重（NS，EW の 2 方向組合せ）

(2) 許容応力

排気口断面に生じる応力が、許容値以内であることを確認する。材料及び許容応力を表-214 に示す。

表-214 材料及び許容応力

●鋼管					
板厚 (mm)	材料	基準強度 F (N/mm ²)	許容応力度*		
			圧縮応力度 (N/mm ²)	曲げ応力度 (N/mm ²)	せん断応力度 (N/mm ²)
	STKN490B	325	357	357	200
●コンクリート					
設計基準強度 F _c (N/mm ²)			許容せん断応力度 (N/mm ²)	コーン破壊に対するせん断耐力 (×10 ³ N)	
36			1.27	4902	
●頭付きスタッド					
軸径 (mm)			許容せん断耐力 (×10 ³ N)	許容曲げ耐力 (×10 ⁷ N・mm)	
19			27600	2459	

＊：許容応力度は「建設省告示第 2464 号」に基づき F 値×1.1 を適用して算定する。

＊：鋼管の許容応力度は「容器構造設計指針・同解説」（日本建築学会 平成 22 年 3 月）（以下「容器指針」という。）により、コンクリートの許容応力度は「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 平成 25 年 8 月）（以下「RC-N 規準」という。）により、頭付きスタッドの許容応力度は「各種合成構造設計指針・同解説」（日本建築学会 令和 5 年 8 月）（以下「合成構造指針」という。）による。

5.5 応力評価

5.5.1 屋上排気口

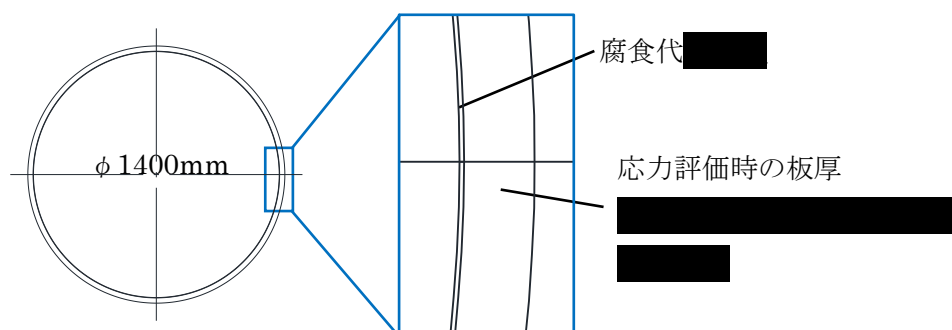
(1) 屋上排気口の応力評価諸元

表－215 に屋上排気口の応力評価諸元を，図－180 に排気口断面を示す。

表－215 屋上排気口の応力評価諸元

記号	記号の説明	値	単位
σ_c	圧縮応力度 (N/A)	—	N/mm ²
N	鋼管の自重と鉛直地震力による軸力を足し合わせた圧縮力	—	N
A*	鋼管の軸断面積	1.291×10^5	mm ²
σ_b	曲げ応力度 (M/Z)	—	N/mm ²
M	水平地震力による曲げモーメント	—	N・mm
Z*	鋼管の断面係数	4.33×10^7	mm ³
τ	せん断応力度 (Q/A _s)	—	N/mm ²
Q	水平地震力によるせん断力	—	N
A _s *	鋼管のせん断断面積	■■■■	mm ²
$c f_{cr}$	局部座屈を考慮した許容圧縮応力度	357	N/mm ²
$b f_{cr}$	局部座屈を考慮した許容曲げ応力度	357	N/mm ²
$s f_{cr}$	局部座屈を考慮した許容せん断応力度	200	N/mm ²
r*	鋼管の内半径	670	mm
t*	腐食代を考慮した鋼管の板厚	■■	mm
E	鋼材のヤング係数	2.05×10^5	N/mm ²
F	鋼材の基準強度	357.5	N/mm ²
L	座屈区間長さ (部材長さ)	—	mm

*：排気口については，溶融亜鉛めっきのうえ耐候性塗料を塗布し防錆処置を行うが，保守的に鋼管の板厚■■■■のうち，内側■■■■を腐食代として考慮して算出する。



図－180 排気口断面

(2) 評価方法

a. 応力の算出方法

屋上排気口の評価に用いる応力は、屋上排気口の自重及び「3. 地震応答解析」に示す軸力、曲げモーメント及びせん断力より設定する。以下に応力の算出方法を示す。なお、曲げモーメント及びせん断力は水平 2 方向の力を組み合わせたものとする。

$$\sigma_c = \frac{N}{A}$$

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

$$\tau = \frac{Q}{A_s}$$

b. 許容応力の算出方法

屋上排気口の評価は、鋼管の自重及び鉛直地震力による軸力を組み合わせた圧縮応力度(σ_c)と水平地震力による曲げ応力度(σ_b)の組合せを考慮した応力に対する評価、水平地震力によるせん断応力度(τ)の評価により検討を行う。評価に当たっては、容器指針に準じる。

$$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}} \leq 1$$

かつ

$$\frac{\tau}{s f_{cr}} \leq 1$$

(a) 局部座屈を考慮した許容圧縮応力度 ${}_cf_{cr}$ は以下の式により求める。

$$\frac{r}{t} \leq 0.377 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \text{ のとき}$$

$${}_cf_{cr} = F$$

$$0.377 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \leq \frac{r}{t} \leq 2.567 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \text{ のとき}$$

$${}_cf_{cr} = 0.6F + 0.4F \left[\frac{2.567 - \frac{r}{t} \left(\frac{F}{E} \right)^{0.72}}{2.190} \right]$$

$$2.567 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.72} \leq \frac{r}{t} \text{ のとき}$$

$${}_cf_{cr} = 0.6E \frac{t}{r} \left\{ 1 - 0.901 \left(1 - \exp \left[-\frac{1}{16} \left(\frac{r}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right) \right\}$$

(b) 局部座屈を考慮した許容曲げ応力度 ${}_bf_{cr}$ は以下の式により求める。

$$\frac{r}{t} \leq 0.274 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \text{ のとき}$$

$${}_bf_{cr} = F$$

$$0.274 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \leq \frac{r}{t} \leq 2.106 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \text{ のとき}$$

$${}_bf_{cr} = 0.6F + 0.4F \left[\frac{2.106 - \frac{r}{t} \left(\frac{F}{E} \right)^{0.78}}{1.832} \right]$$

$$2.106 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.78} \leq \frac{r}{t} \text{ のとき}$$

$${}_bf_{cr} = 0.6E \frac{t}{r} \left\{ 1 - 0.731 \left(1 - \exp \left[-\frac{1}{16} \left(\frac{r}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right) \right\}$$

(c) 局部座屈を考慮した許容せん断応力度 $s f_{cr}$ は以下の式により求める。

$$\frac{r}{t} \leq \frac{0.204 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.81}}{\left(\frac{L}{r} \right)^{0.4}} \text{のとき}$$

$$s f_{cr} = \frac{F}{\sqrt{3}}$$

$$\frac{0.204 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.81}}{\left(\frac{L}{r} \right)^{0.4}} \leq \frac{r}{t} \leq \frac{1.446 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.81}}{\left(\frac{L}{r} \right)^{0.4}} \text{のとき}$$

$$s f_{cr} = \frac{0.6F}{\sqrt{3}} + \frac{0.4F}{\sqrt{3}} \left[\frac{1.446 - \frac{r}{t} \left(\frac{L}{r} \right)^{0.4} \left(\frac{F}{E} \right)^{0.81}}{1.242} \right]$$

$$\frac{1.446 \left(\frac{E}{F} \right)^{0.81}}{\left(\frac{L}{r} \right)^{0.4}} \leq \frac{r}{t} \text{のとき}$$

$$s f_{cr} = 0.8 \frac{4.83E \cdot t}{\left\{ \frac{L}{r} \left(\frac{r}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^2} \cdot r \left[1 + 0.0239 \left\{ \frac{L}{r} \left(\frac{r}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right\}^3 \right]^{\frac{1}{2}}$$

c. 評価結果

屋上排気口の評価結果は、表－216、217 に示すとおり、Ss900 に対して十分な強度を有していることを確認した。

表－216 断面算定結果 (Ss900①)

●圧縮と曲げに対する評価										
部材 番号	部材断面		評価用応力			c f _{cr} (N/mm ²)	b f _{cr} (N/mm ²)	σ _c (N/mm ²)	σ _b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
	A (×10 ⁵ mm ²)	Z (×10 ⁷ mm ³)	N (×10N)	M (×10 ⁶ N・mm)						
C③	1.291	4.330	4731	2522	357	357	357	1	59	0.17
C②	1.291	4.330	14183	8051	357	357	357	2	186	0.53
C①	1.291	4.330	23604	14760	357	357	357	2	341	0.97
●せん断に対する評価										
部材 番号	部材断面		評価用応力			s f _{cr} (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	$\tau \frac{1}{s f_{cr}}$		
	A _s (×10 ⁴ mm ²)		Q (×10 ³ N)							
C③	6.456		4944		200	8	0.04			
C②	6.456		10850		200	17	0.09			
C①	6.456		13420		200	21	0.11			

表-217 断面算定結果 (Ss900②)

●圧縮と曲げに対する評価										
部材 番号	部材断面		評価用応力			f_{cr} (N/mm ²)	$b f_{cr}$ (N/mm ²)	σ_c (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	$\frac{\sigma_c}{c f_{cr}} + \frac{\sigma_b}{b f_{cr}}$
	A ($\times 10^5 \text{mm}^2$)	Z ($\times 10^7 \text{mm}^3$)	N ($\times 10 \text{N}$)	M ($\times 10^6 \text{N} \cdot \text{mm}$)						
C③	1.291	4.330	4417	2253		357	357	1	53	0.16
C②	1.291	4.330	13232	6948		357	357	2	161	0.46
C①	1.291	4.330	22004	12320		357	357	2	285	0.81
●せん断に対する評価										
部材 番号	部材断面		評価用応力			f_{cr} (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	$\frac{\tau}{s f_{cr}}$		
	A_s ($\times 10^4 \text{mm}^2$)		Q ($\times 10^3 \text{N}$)							
C③	6.456		4418			200	7		0.04	
C②	6.456		9206			200	15		0.08	
C①	6.456		10750			200	17		0.09	

5.5.2 屋上排気口脚部

(1) 屋上排気口脚部の応力評価諸元

表－218 に屋上排気口の応力評価諸元を示す。

表－218 屋上排気口の応力評価諸元

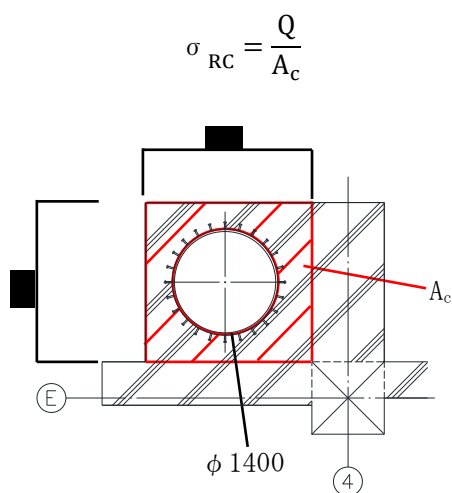
記号	記号の説明	値	単位
σ_{RC}	コンクリートに生じるせん断応力度	0.41	N/mm ²
Q	屋上排気口脚部に生じるせん断力	1.342×10^6	N
A_c	屋上排気口脚部におけるコンクリート部の断面積	3.301×10^6	mm ²
f_s	コンクリートの許容せん断応力度	1.27	N/mm ²
F_c	コンクリートの設計基準強度	36.0	N/mm ²
q_{RC}	コーン破壊に対する許容せん断耐力	4.902×10^6	N
ϕ_1	低減係数で $\Phi_1 = \frac{2}{3}$	0.6	—
${}_c\sigma_t$	コーン破壊に対するコンクリートの割裂強度で、 $0.31\sqrt{F_c}$ とする。	1.86	N/mm ²
A_{qc}	せん断力方向の側面におけるコーン状破壊面の有効 投影面積	4.393×10^6	mm ²
q_s	頭付きスタッドの許容せん断耐力	2.760×10^7	N
n	頭付きスタッドの本数（円筒形状のため加振方向に 直交する本数（全数の 1/2）を考慮。）	360	—
q_{sl}^{*1}	頭付きスタッドの 1 本あたりの許容せん断耐力	7.668×10^4	N
ϕ	低減係数で $\Phi = \frac{2}{3} \Phi_2$	0.6	—
ϕ_2^{*2}	$\Phi_2 = \sqrt{\frac{a}{150}}$	1.0	—
a	頭付きスタッド中心から壁面までのへりあき	1100	mm
${}_sc a$	頭付きスタッドの軸部断面積	284	mm ²
E_c	コンクリートのヤング係数	2.595×10^4	N/mm ²
m_b	頭付きスタッドの許容曲げ耐力	2.459×10^{10}	N・mm
D	頭付きスタッドの重心位置	891	mm
*1 : $\sqrt{F_c \cdot E_c}$ の値の範囲は 500 (N/mm²) 以上で、900 (N/mm²) を超える場合には $\sqrt{F_c \cdot E_c} = 900$ (N/mm²) とする。 *2 : $\Phi_2 \leq 1.0$ とし、1.0 を超える場合には $\Phi_2 = 1.0$ とする。			

(2) 評価方法

a. 応力の算出方法

屋上排気口脚部のうちスタッドの評価に用いる応力は、「5.3 地震応答解析」に示す軸応力、曲げ応力及びせん断応力より設定する。

屋上排気口脚部のうちコンクリートに生じるせん断力に対する評価に用いる応力は、以下に示す算出方法により求める。また、脚部コンクリートの評価断面を図－181 に示す。



図－181 脚部コンクリート評価断面（単位：mm）

b. 許容応力の算出方法

屋上排気口脚部の評価は、屋上排気口に生じる応力が頭付きスタッドを介して躯体コンクリートに伝達することから、屋上排気口脚部に生じるせん断力及び曲げモーメントにより、頭付きスタッド及びコンクリートの検討を行う。評価に当たっては、RC-N 規準及び合成構造指針に準じる。

(a) コンクリートの許容せん断応力度 f_s

屋上排気口脚部のコンクリートの許容せん断応力度 f_s は以下により求める。

$$f_s = \min \left(1.5 \frac{F_c}{30}, \quad 1.5 \left(0.49 + \frac{1}{100} F_c \right) \right)$$

(b) コーン破壊に対するコンクリートの許容せん断耐力 q_{RC}

屋上排気口脚部のコンクリートのコーン破壊に対する許容せん断耐力 q_{RC} は以下により求める。また、コーン破壊の形状を図-182 に示す。

$$q_{RC} = \Phi_1 \cdot \sigma_c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc}$$

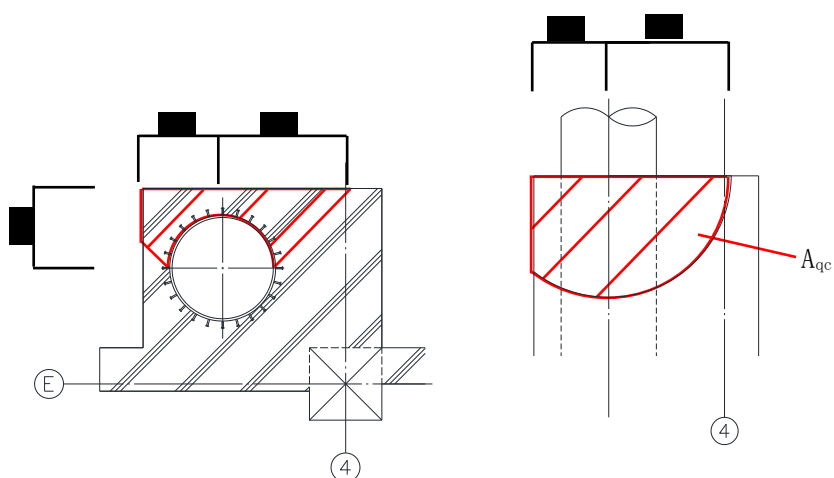


図-182 コーン破壊形状 (単位 : mm)

(c) 頭付きスタッドの許容せん断耐力 q_s

頭付きスタッドの許容せん断耐力 q_s は以下により求める。また、頭付きスタッド本数の数え方を図-183 に示す。

$$q_s = n \cdot q_{s1}$$

ここで、頭付きスタッドの1本あたりの許容せん断耐力 q_{s1} は以下により求める。

$$q_{s1} = \Phi (0.5_{sc} a \sqrt{F_c \cdot E_c})$$

(d) 頭付きスタッドの許容曲げ耐力 m_b

頭付きスタッドの許容曲げ耐力 m_b は以下により求める。

$$m_b = q_s \cdot D$$

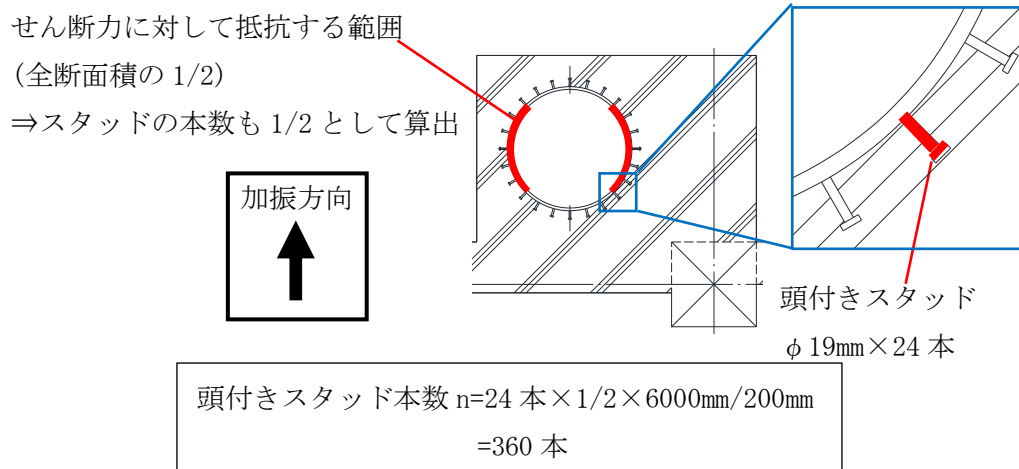


図-183 頭付きスタッド本数の考え方

(3) 評価結果

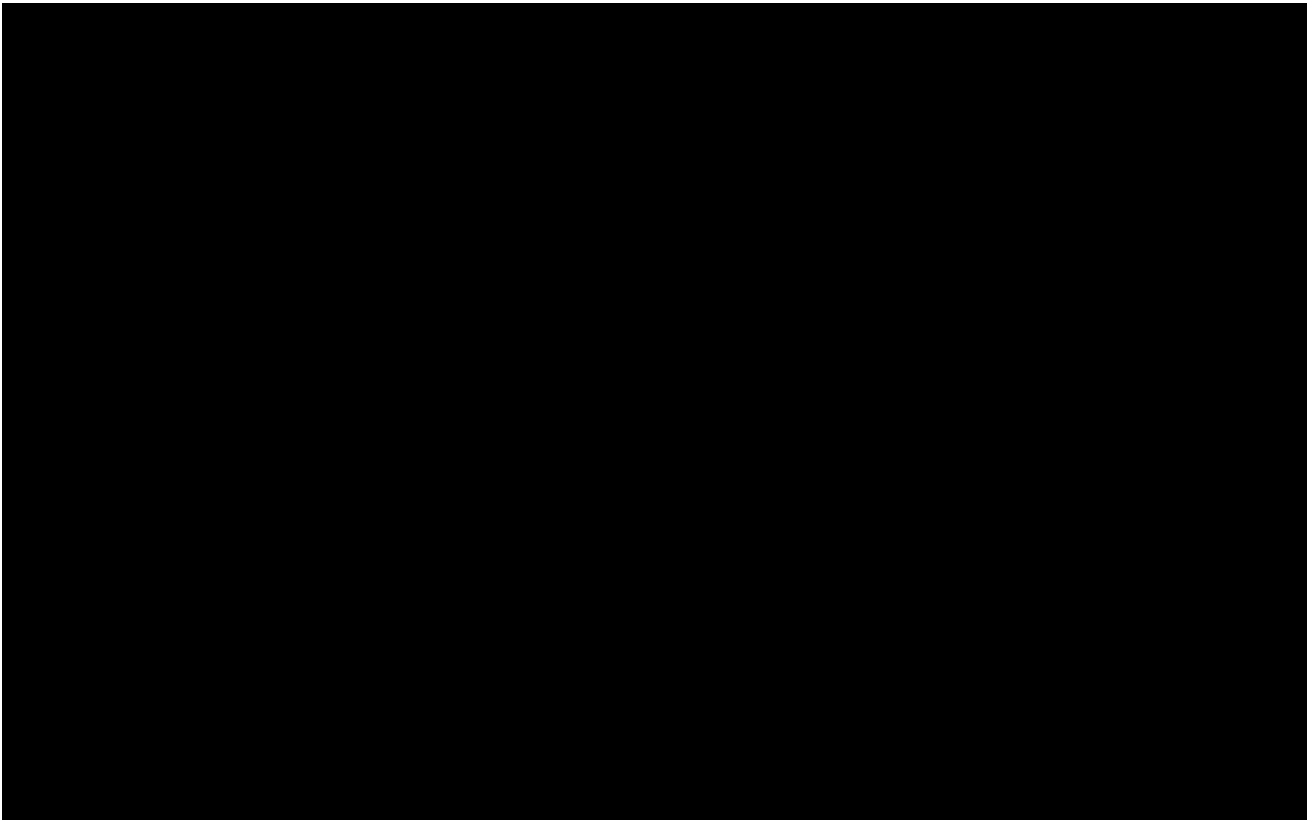
排気口脚部の評価結果は、表－219 に示すとおり、Ss900 に対して十分な強度を有していることを確認した。

表－219 排気口脚部の評価結果

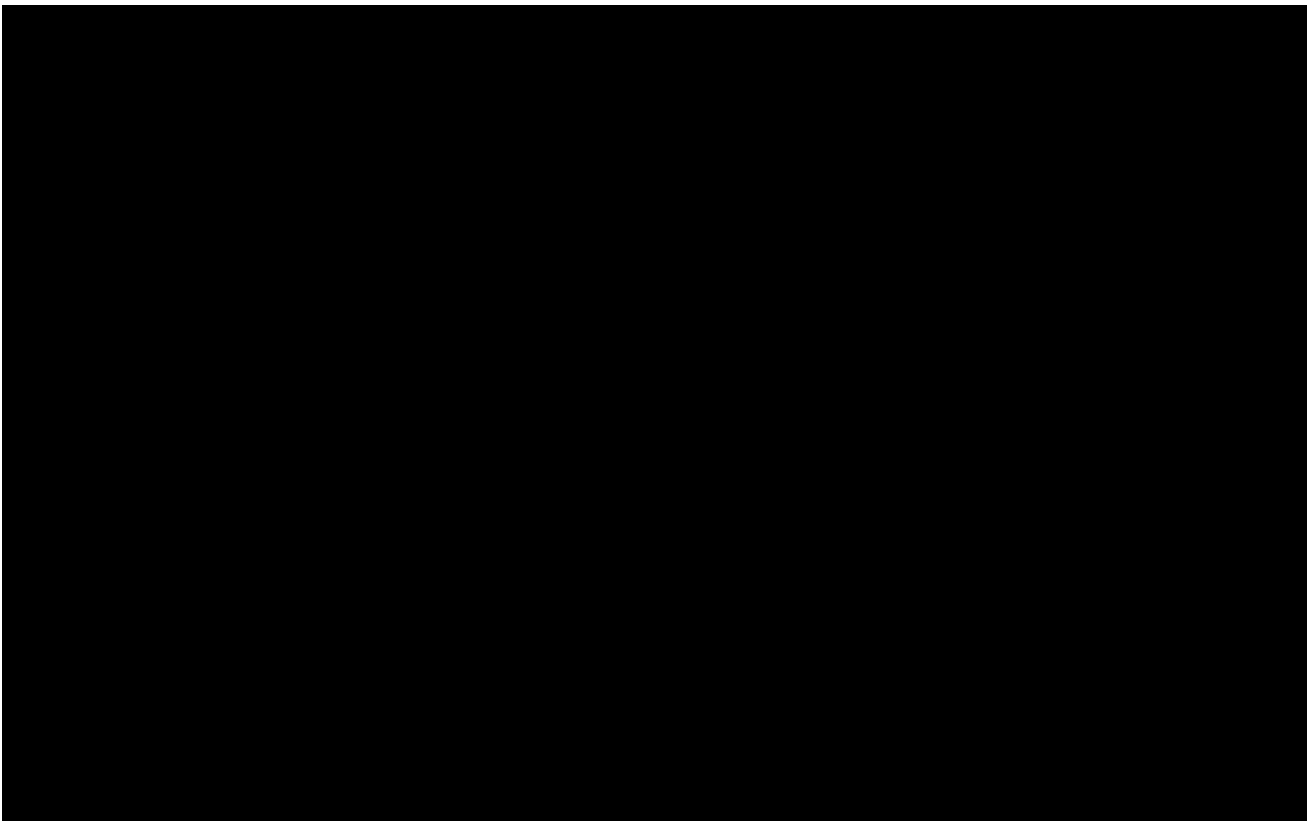
評価項目	応力	算定応力	許容応力 (f_s, q_{RC}, q_s, m_b)	検定比
頭付きスタッド 及び コンクリート	コンクリートに生じるせん断応力度 σ_{RC} (N/mm^2)	0.41	1.27	0.33
	コンクリートのコーン破壊に対するせん断力 Q ($\times 10^3 N$)	1342	4902	0.28
	頭付きスタッドに生じるせん断力 Q ($\times 10^3 N$)	1342	27600	0.05
	頭付きスタッドに生じる曲げモーメント M ($\times 10^7 N \cdot mm$)	1476	2459	0.61

5.6 建屋単独モデルと建屋・排気口連成モデルの振動モードの差について

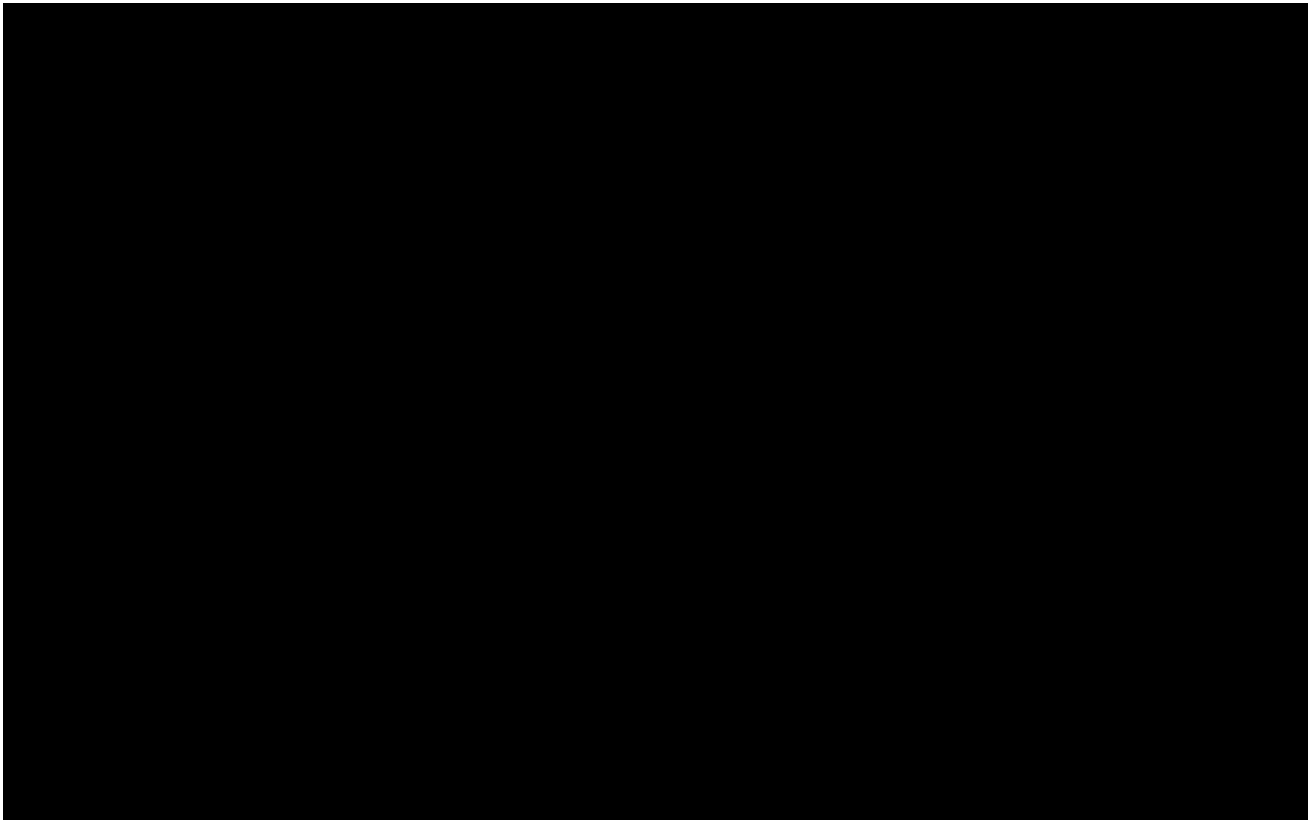
単独モデル（参考資料 4-2-1）と連成モデル（本資料）の振動モード図の比較結果を図－184～188 に示す。図に示すとおり、排気口の節点追加により建屋・排気口連成モデルの 2 次モードに排気口特有のモードが表れているものの、建屋の振動モードはほとんど変化が無い。



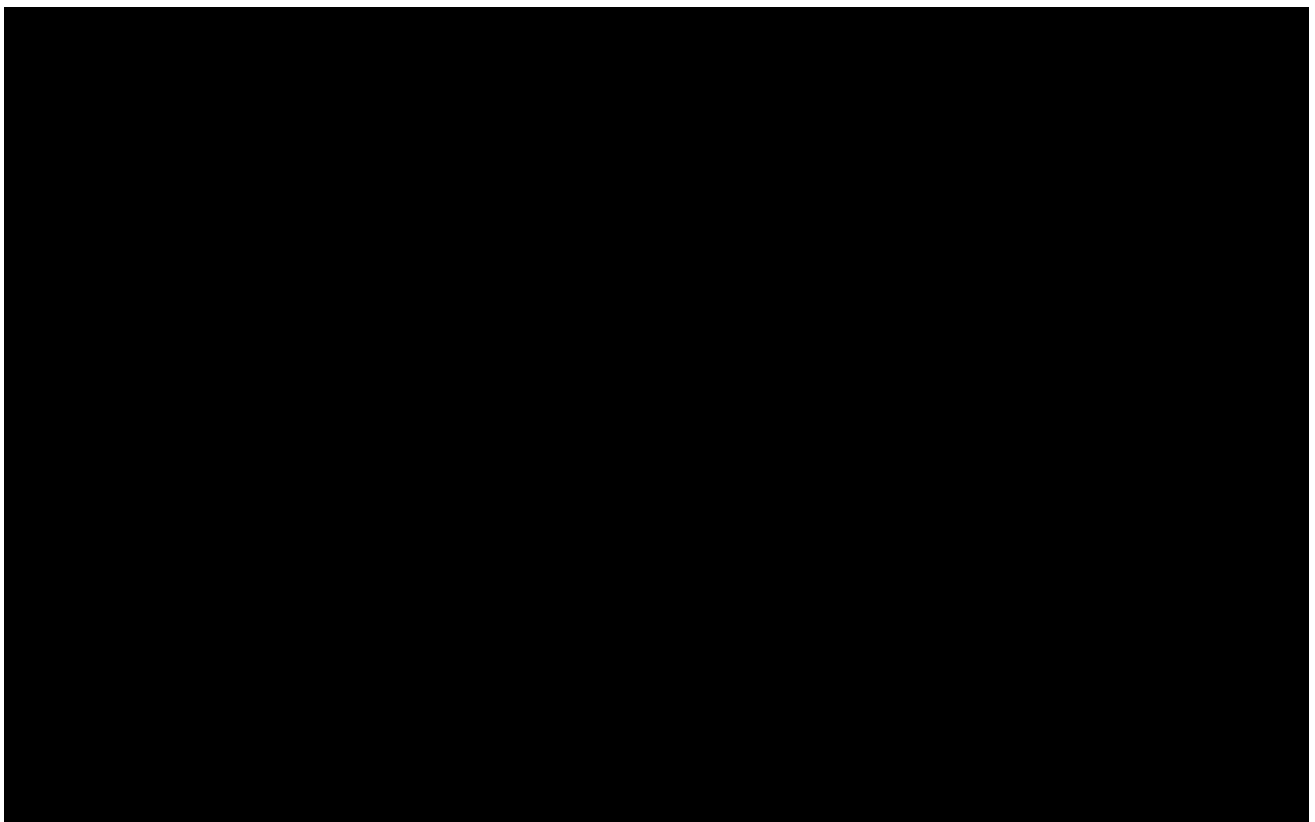
図－184 振動モード図の比較（Ss900①NS 方向）〔固有周期：0.279（s）〕



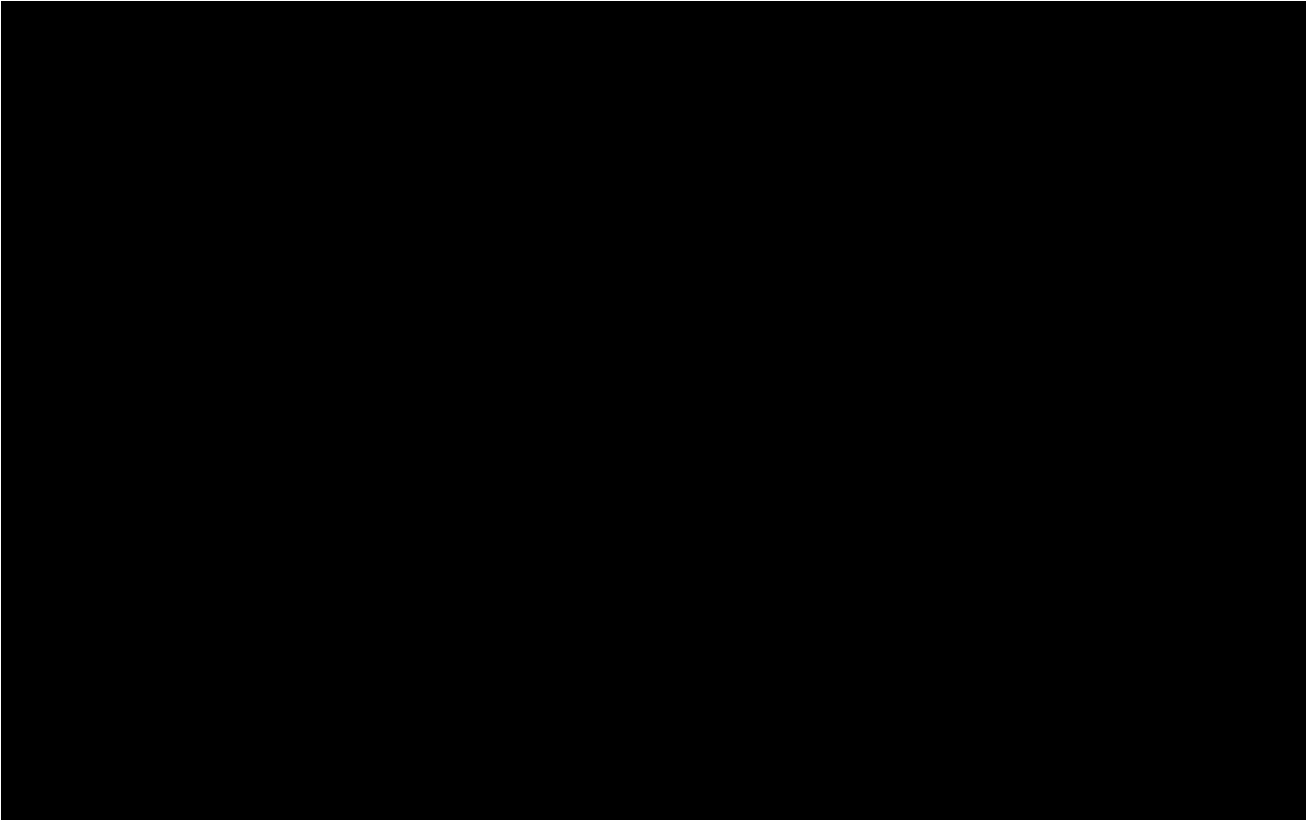
図－185 振動モード図の比較（Ss900①NS 方向）〔固有周期：0.205（s）〕



図－186 振動モード図の比較（Ss900①NS 方向）〔固有周期：0.161（s）〕



図－187 振動モード図の比較（Ss900①NS 方向）〔固有周期：0.139（s）〕



図－188 振動モード図の比較（Ss900①NS 方向）〔固有周期：0.084（s）〕

5.7 Ss900-②の方向による応答値の差について

Ss900-②による排気口の応答値（せん断力、曲げモーメント）が、NS 方向では Ss900-①と同程度であることに対して、EW 方向では Ss900-①の約 1/2 程度となっている。

Ss900-②が NS, EW 方向で応答値に差が生じている要因としては、解放基盤表面位置に入力する Ss900-②の応答スペクトルが NS 方向より EW 方向のほうが全周期にわたって小さいためであり、この影響により排気口下端位置（質点 4）における応答値も EW 方向のほうが小さくなり、排気口の応答値に差が生じている。解放基盤表面位置における Ss900-②の加速度応答スペクトル（減衰定数 5%）を図-189 に、排気口下端位置（質点 4）における Ss900-①及び Ss900-②の加速度応答スペクトル（減衰定数 3%）を図-190 に示す。

次に、排気口下端位置（質点 4）における応答スペクトルのピークが異なる要因としては、NS 方向は入力地震動が EW 方向より大きく、建屋のせん断ひずみが第一折れ点を超えており、より揺れやすい状態のため、応答スペクトルにピークが生じている。一方、EW 方向は建屋のせん断ひずみが弾性範囲に収まるため、応答スペクトルにピークが生じていない。建屋のせん断ひずみの最大応答値を図-191 に示す。

なお、Ss900-②EW 方向と NS 方向の建屋入力地震動における最大加速度の比率を考慮し、仮に Ss900-②EW 方向を 1.23 倍して解析を実施した場合、建屋のせん断ひずみが第一折れ点を超えるため、他と同様に応答スペクトルにピークが生じることが確認できる（図-192）。

以上の要因により、Ss900-②の方向ごとの応答値に差が生じたものとする。

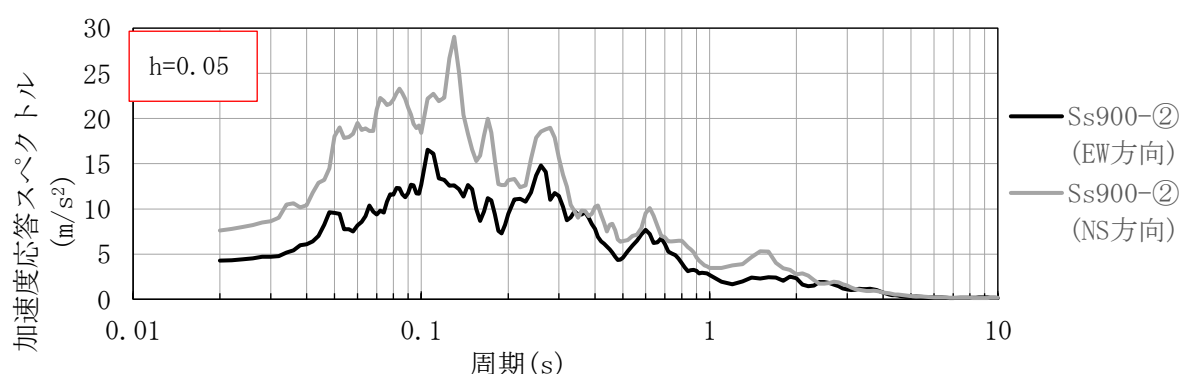


図-189 解放基盤表面における地震動（Ss900-②）の加速度応答スペクトル（ $h=0.05$ ）

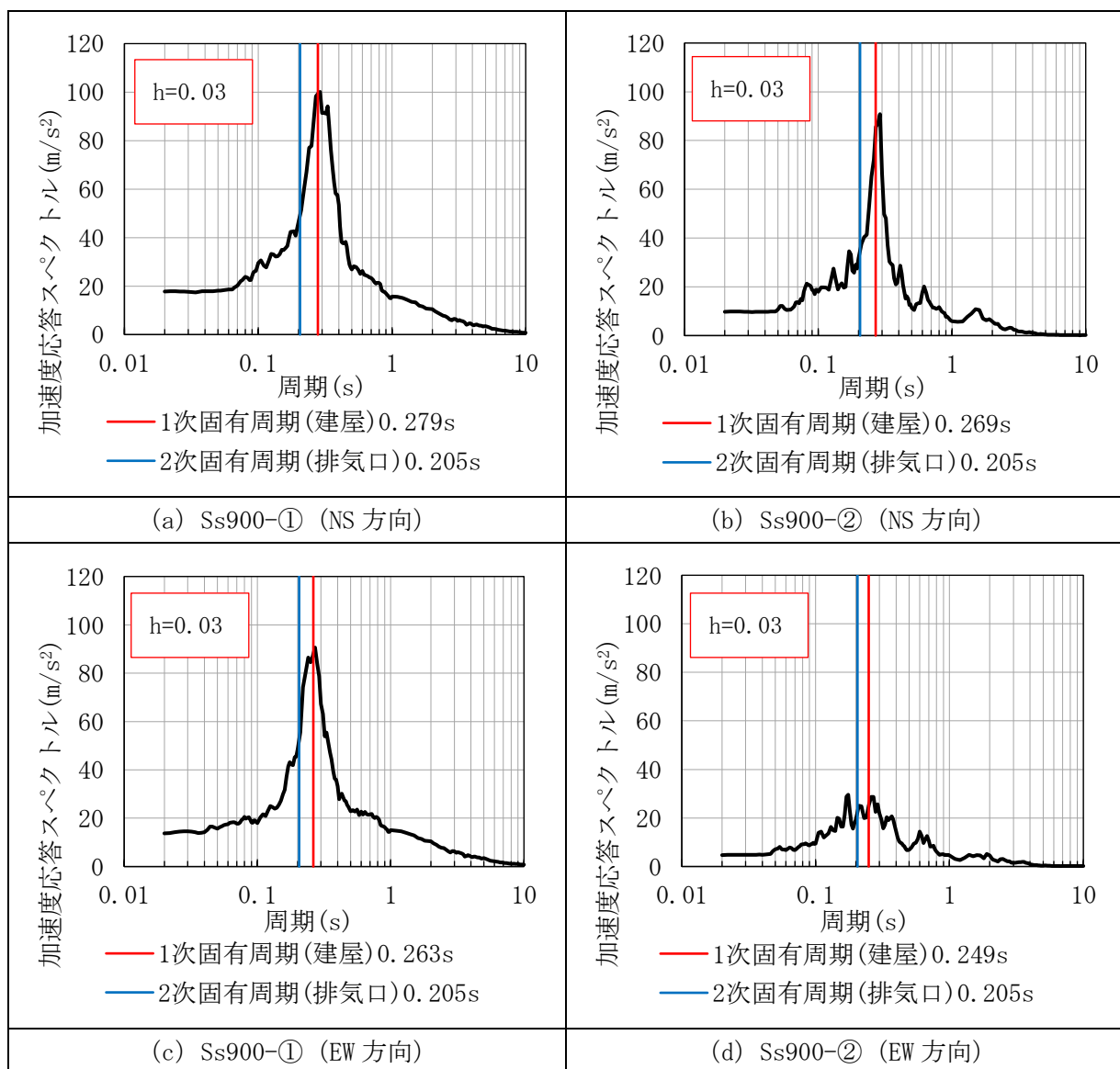


図-190 質点4における地震動の加速度応答スペクトル (h=0.03)

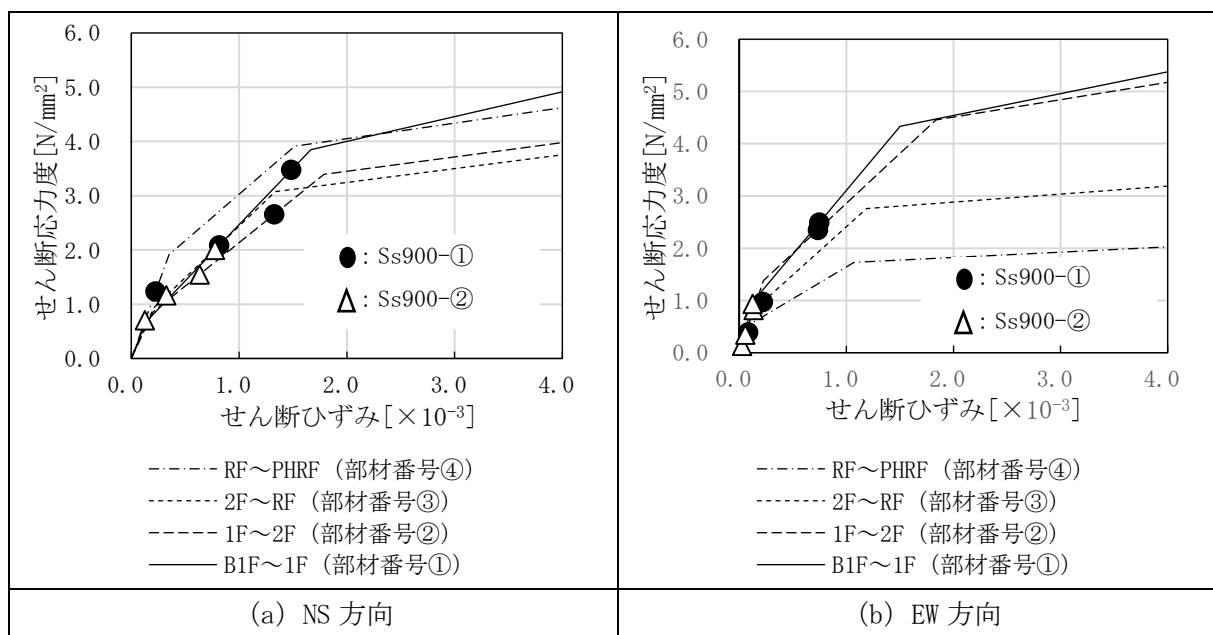


図-191 建屋のスケルトンカーブ (Ss900)

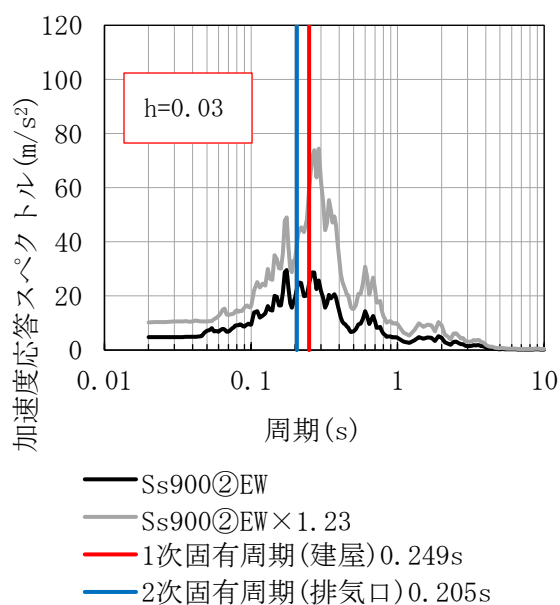


図-192 Ss900-②EW 方向を 1.23 倍した場合の質点 4 における地震動の加速度応答スペクトル ($h=0.03$)

6. フード No. 1

6.1 概要

フード No. 1 は、グローブボックスと隣接し、グローブボックスにて採取された試料の搬出及びマイラー処理などの試料調製を行う設備である。

6.2 構造

図-193 にフード No. 1 の構造図を示す。本体はブラケットと取付ボルトで固定され、ブラケットは床と基礎ボルトで固定される。

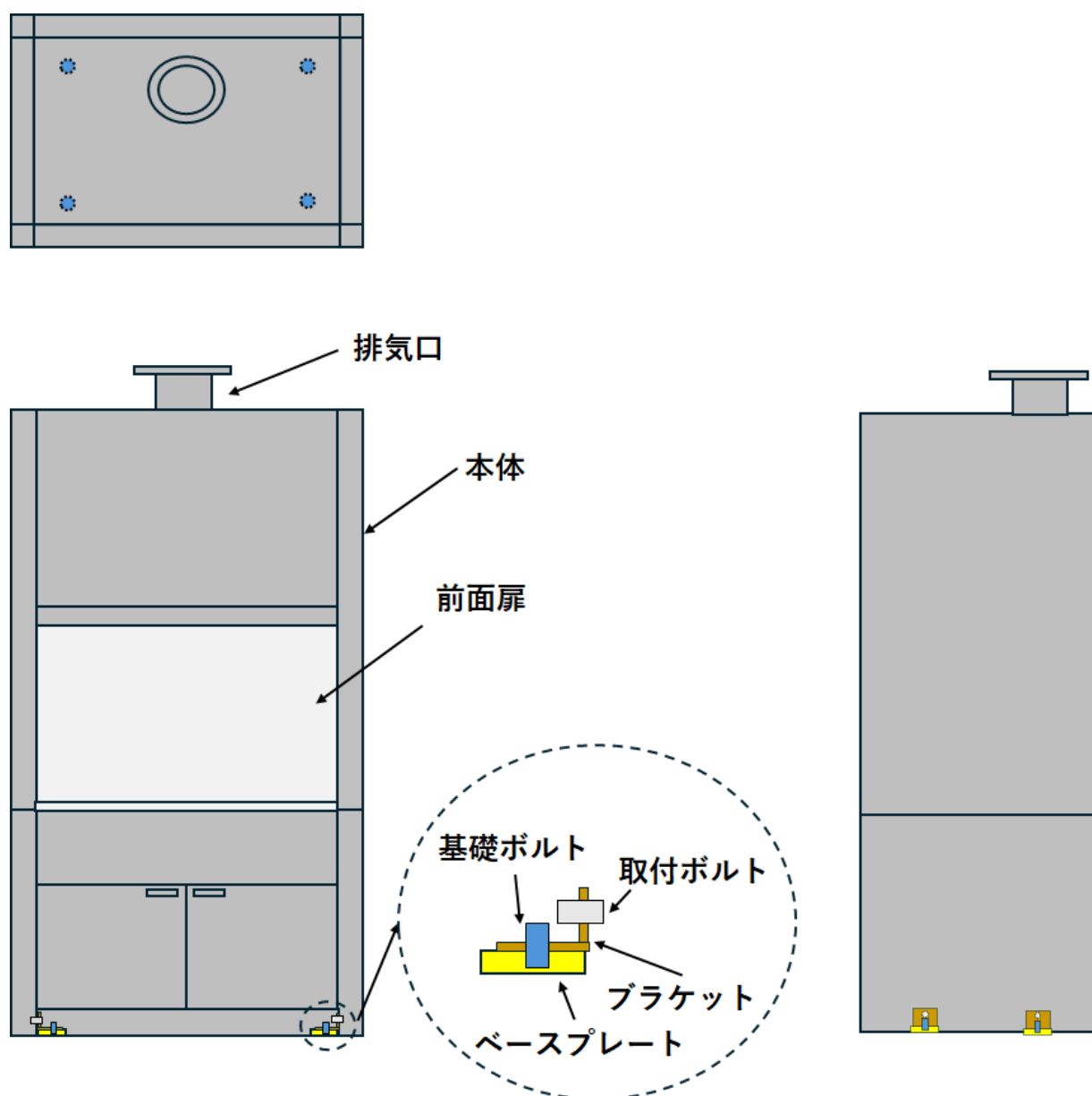


図-193 フード No. 1 構造図

6.3 評価方針

本設備の応力評価は質点系モデルにて評価を行う。「6.2 構造」で示したフード No.1 の部位のうち、「6.4 評価部位」に示す部位を対象として、「6.6 固有周期」で算出した固有周期に基づき、「6.7 設計用地震力」にて設定した地震力による応力が、許容限界内であることを「6.8 応力評価」で示す。

図-194 にフード No.1 の耐震評価フローを示す。

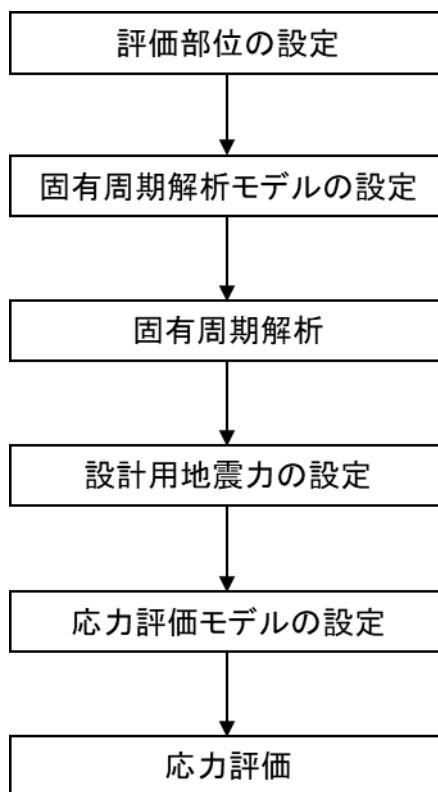


図-194 フード No.1 の耐震評価フロー

6.4 評価部位

評価対象部位については以下の項目を考慮して選定する。

- (1) 荷重作用点（重心）から離れており、大きなモーメントを受ける部位（基礎ボルト等）
- (2) 断面積が小さな部位

フード No.1 は床に 4 本の基礎ボルトで固定されており、それらが荷重を受ける主要部位となるため、基礎ボルトを評価対象とする。

6.5 地震応答解析

6.5.1 評価方法

- ・ 評価モデルは1質点系とし、重心位置に地震荷重が作用するものとする。
- ・ 耐震計算に用いる寸法は公称値を使用する。
- ・ フード No. 1 は剛体・剛床に基礎ボルトにより固定されるものとする。
- ・ 地震力はフード No. 1 に対して水平 2 方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組合せるものとする。

6.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

(1) 荷重の組合せ及び供用状態

フード No. 1 の許容応力と供用状態を表－220 に示す。また、記号の説明を表－221 に示す。

表－220 許容応力と供用状態

耐震 クラス	荷重の 組合せ*1	供用状態	許容限界（ボルト等）		適用範囲
			一次応力		
			引張*2	せん断*2	
B ⁺	D+S _{B⁺}	Ds	1.5・f _t	1.5・f _s	基礎ボルト

*1：D；死荷重

S_{B⁺}；地震荷重（1/2Ss450）

*2：許容応力は「設計・建設規格 SSB-3133」に従い算出する。

表－221 記号の説明

記号	記号の説明
D	死荷重
S _{B⁺}	B ⁺ クラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又は静的地震力
f _t	供用状態 Ds での許容引張応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3133」により規定される値。
f _s	供用状態 Ds での許容せん断応力。支持構造物（ボルト等を除く。）に対して「設計・建設規格 SSB-3121.2」により規定される値。ボルト等に対して「設計・建設規格 SSB-3133」により規定される値。

(2) 使用材料の許容応力評価条件

評価部位の使用材料の許容応力評価条件を表－222 に示す。

表－222 使用材料の許容応力

評価部位	材料	最高使用温度	S_y^{*1}	S_u^{*1}	$S_y (RT)^{*2}$
		℃	MPa	MPa	MPa
基礎ボルト	SUS304	60	192	489	205

*1：60℃の値は設計・建設規格に記載された40℃及び75℃の値から内挿して求めた。

*2： $S_y (RT)$ は「設計・建設規格 付録材料図表Part5 表8」に規定する材料の40℃における設計降伏点

6.6 固有周期

フード No. 1 の固有周期を表－223 に示す。フード No. 1 の固有周期は 0.05 秒以下であることから、フード No. 1 は剛構造であることを確認した。

表－223 水平及び鉛直方向の固有周期

方向	固有周期 (s)
水平 X 方向	■
水平 Y 方向	■
鉛直方向 (Z 方向)	■

6.7 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力及び供用状態を表－224、1/2Ss450 の階別設計用震度を表－225 に示す。フールド No. 1 は 1 階で使用されるため、1 階における 1/2Ss450 の設計用震度を採用する。

表－224 設計用地震力及び供用状態

耐震クラス	設計用地震力	供用状態
B ⁺	1/2Ss450	Ds

表－225 1/2Ss450の階別設計用震度*

階層	水平設計用震度		鉛直設計用震度
	EW 方向	NS 方向	UD 方向
	C _{HX}	C _{HY}	C _V
2 階 (T. P. +47. 8m)	0. 93	0. 93	0. 48
1 階 (T. P. +40. 8m)	0. 75	0. 75	0. 48
地下 1 階 (T. P. +33. 3m)	0. 48	0. 48	0. 47

＊：1/2Ss450 の階別設計用震度は、床応答加速度を 1. 2 倍し、重力加速度 (980. 665cm/s²) で割り、小数点第 3 位の値を切り上げた値で設定した。

なお、水平方向設計用震度については EW 方向と NS 方向の最大応答加速度を各階層毎に比較し、大きい方の値を水平 X 方向及び水平 Y 方向の水平方向設計震度として設定した。

別添 4－2：建屋の構造強度及び耐震性に関する検討結果

3. 4. 2 地震応答解析結果 図－27, 28 最大応答加速度 (水平方向) の 1/2Ss450-①

地震応答解析結果 図－33 最大応答加速度 (鉛直方向) の 1/2Ss450-①

6.8 応力評価

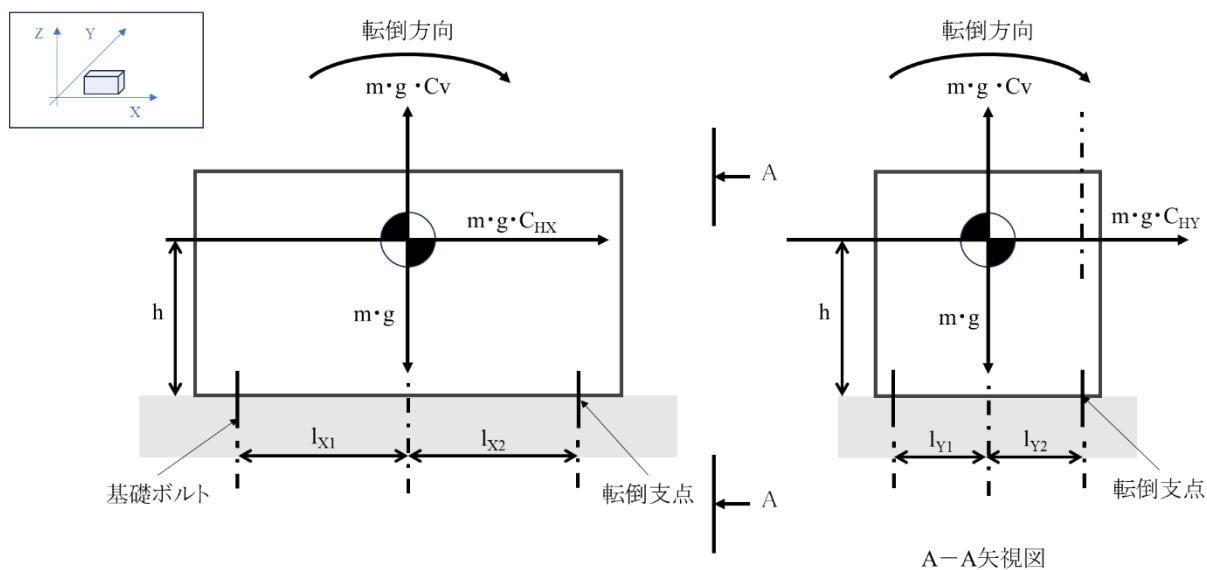
6.8.1 応力評価モデル及び諸元

図－195に応力評価モデルを示し、表－226に応力評価諸元を示す。以下に評価モデルの概要と諸元を示す。

- ・ フード No. 1 の応力評価モデルは 1 質点系とし、重心位置に地震荷重が作用する。
- ・ 基礎ボルトに対する引張力は、片側の列のボルトを支点とする転倒を考え、これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。
- ・ 基礎ボルトに対するせん断力は、基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

表-226 フードNo.1の基礎ボルトの応力評価諸元

記号	記号の説明	値	単位
A_b	基礎ボルトの断面積	50.3	mm^2
C_{HX}	水平方向の設計用震度（水平 X 方向）	0.75	—
C_{HY}	水平方向の設計用震度（水平 Y 方向）	0.75	—
C_V	鉛直方向の設計用震度（Z 方向）	0.48	—
D_b	基礎ボルトの呼び径	8	mm
F	基準強度	—	MPa
F_b	基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）	—	N
F_{b1}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（Y 軸周り）	—	N
F_{b2}	水平地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（X 軸周り）	—	N
F_{b3X}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（Y 軸周り）	—	N
F_{b3Y}	鉛直地震力によって基礎ボルトに作用する引張力（1 本当たり）（X 軸周り）	—	N
F_{bg1}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（Y 軸周り）	—	N
F_{bg2}	自重によって基礎ボルトに作用する自重（1 本当たり）（X 軸周り）	—	N
f_s	許容せん断応力	—	MPa
F_t	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	—	MPa
f_{ts}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	—	MPa
g	重力加速度	9.80665	m/s^2
h	据付面から重心までの距離	1205	mm
l_{X1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	470	mm
l_{X2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 X 方向）	470	mm
l_{Y1}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	175	mm
l_{Y2}	重心と基礎ボルトの距離（水平 Y 方向）	225	mm
m	機器の質量	342	kg
n	せん断力が作用する基礎ボルトの本数	4	—
n_{fX}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 X 方向）	2	—
n_{fY}	引張力が作用する基礎ボルトの本数（水平 Y 方向）	2	—
Q_b	基礎ボルトに作用するせん断力	—	N
σ_b	基礎ボルトに生じる引張応力	—	MPa
τ_b	基礎ボルトに生じるせん断応力	—	MPa



図－195 応力評価モデル

6.8.2 計算方法

(1) 引張応力

ボルトに水平地震力によって作用する引張力 F_{b1} (水平 X 方向), F_{b2} (水平 Y 方向) 及び鉛直地震力によって作用する引張力 F_{b3X} (水平 X 方向), F_{b3Y} (水平 Y 方向) は, 片側の列のボルトを支点とする転倒を考え, これを他方の列のボルトで受けるものとして計算する。さらに, 引張力は自重によって打ち消されるため, 負の引張力として計算する。

水平X方向地震力により生じる引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HX} \cdot h}{n_{fX} \cdot (l_{X1} + l_{X2})}$$

水平Y方向地震力により生じる引張力

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_{HY} \cdot h}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

鉛直地震力(Z方向)により生じる引張力

$$F_{b3X} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{X1}}{n_{fX} \cdot (l_{X1A} + l_{X2A})}$$

$$F_{b3Y} = \frac{m \cdot g \cdot C_V \cdot l_{Y1}}{n_{fY} \cdot (l_{Y1} + l_{Y2})}$$

自重により生じる引張力

$$F_{bG1} = \frac{m \cdot g \cdot l_{X1}}{n_{fX}(l_{X1} + l_{X2})}$$

$$F_{bG2} = \frac{m \cdot g \cdot l_{Y1}}{n_{fY}(l_{Y1} + l_{Y2})}$$

ボルトに作用する引張力 F_b は、「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。ただし、引張力の大小関係は $F_{b3X} < F_{b1} < F_{b2}$, $F_{b3Y} < F_{b1} < F_{b2}$ である。

$$F_b = \max(0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3X} - F_{bG1}, \quad 0.4F_{b1} + 1.0F_{b2} + 0.4F_{b3Y} - F_{bG2})$$

引張応力 σ_b は次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot D_b^2$$

(2) セン断応力

地震力によりボルトに作用するせん断力は、水平2方向（水平X方向及び水平Y方向）荷重のベクトル合成を考慮した際に生じる応力を求める。ボルトに作用するせん断荷重は、ボルトに均等に荷重が作用するものとする。

ボルトのせん断力 Q_b は「JEAC4601-2021 原子力発電所耐震設計技術規程」を参考にし、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せは、組合せ係数法を用いて評価する。

$$Q_b = \max(m \cdot g \cdot \sqrt{(1.0C_{HX})^2 + (0.4C_{HY})^2}, \quad m \cdot g \cdot \sqrt{(0.4C_{HX})^2 + (1.0C_{HY})^2})$$

せん断応力 τ_b は次式により求める。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b \cdot n}$$

ここで、基礎ボルトの断面積 A_b は以下の式で求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot D_b^2$$

(3) 許容応力

許容応力の計算は、「設計・建設規格 SSB-3133」に示す計算方法により算出する。許容引張応力 f_t 及び許容せん断応力 f_s の計算式を以下に示す。

$$f_t = \frac{1.5 \cdot F}{2}$$
$$f_s = \frac{1.5 \cdot F}{1.5\sqrt{3}}$$

また、引張力及びせん断力を同時に受ける場合の許容引張応力 f_{ts} は次式で求める。

$$f_{ts} = \min(1.4 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_{bA}, f_t)$$

SUS304はオーステナイト系ステンレス鋼であるため、F値の計算式は「設計・建設規格 SSB-3121. 1 (1)」に従い以下のとおりである。

$$F = \min(1.35S_y, 0.7S_u, 1.2S_y(RT))$$

6.8.3 評価結果

フード No. 1 の基礎ボルトの応力評価結果を表－227 に示す。

表－227 フード No. 1 の基礎ボルトの評価結果

評価対象	設計用震度	評価部位	評価項目	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
フードNo. 1	$\left(\begin{array}{l} 1/2Ss450 \\ C_{HX}=0.75 \\ C_{HY}=0.75 \\ C_V=0.48 \end{array} \right)$	基礎ボルト	引張	77	184
			せん断	14	142

評価結果から、フードNo. 1の基礎ボルトの引張応力及びせん断応力は許容応力を下回るため、1/2Ss450に対する耐震性を有することを確認した。

第2棟に係る確認事項

第2棟の建屋の工事に係る主要な確認事項を表－1に示す。

表－1 第2棟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 ³ 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	構造体コンクリートの圧縮強度を確認する。	構造体コンクリートの圧縮強度が、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。
		人工岩盤の圧縮強度を確認する。	人工岩盤の圧縮強度が、実施計画に記載されている設計基準強度以上であること。
		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。
	寸法確認	構造体コンクリート部材の断面寸法を確認する。	構造体コンクリート部材の断面寸法が、JASS 5Nの基準を満足すること。
	据付確認	鉄筋の本数又は間隔、径、継手、定着及びかぶり厚さを確認する。	鉄筋の本数又は間隔、径、継手、定着及びかぶり厚さが、JASS 5Nの基準を満足すること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

*：コンクリートセルの遮へい部位は建屋躯体の一部であるため、コンクリートセル
 を含めて確認する。

第2棟の設備の工事に係る主要な確認事項を表-2～31に示す。

表-2 確認事項（コンクリートセル）*1

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	遮へい窓の遮へい体について、実施計画に記載されている主な材料及び密度であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	遮へい窓の遮へい体について、実施計画に記載されている遮へい体の厚さを確認する。	実施計画に記載されている遮へい体の厚さ以上であること。
漏えい防止	材料確認	実施計画に記載されているライニングの材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されているライニングの材料であることを、材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	ライニングの厚さを確認する。	ライニングの厚さが、実施計画に記載されている寸法以上であること。
	外観確認	ライニングの外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	ライニングの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。
	耐圧・漏えい確認	試験圧力*2で一定時間保持した後、試験圧力に耐えていることを確認する。また、耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え、かつ構造物の有意な変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。

*1：コンクリートセルの遮へい機能のうち、コンクリートの遮へい機能はコンクリートセルの遮へい部位が建屋躯体の一部のため、建屋の遮へい機能にて確認する。

*2：大気圧比較法（JIS Z 4820）による圧力

表－3 確認事項（コンクリートセル（セル間遮へい扉，シールドドア，天井ポート））

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	取付ボルトについて，実施計画に記載されている材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	取付ボルトについて，実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，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－4 確認事項（コンクリートセルへの輸送容器接続時の基礎ボルト）

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	輸送容器接続時の基礎ボルトについて，実施計画に記載されている材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	輸送容器接続時の基礎ボルトについて，実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	輸送容器接続時の基礎ボルトの外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	輸送容器接続時の基礎ボルトの据付位置，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－5 確認事項（コンクリートセル（給排気弁））

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な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 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。
機能	弁閉止確認	電源又は圧縮空気喪失により弁が閉止することを確認する。	弁が閉止すること。

表－6 確認事項（天井クレーン）

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な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	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。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
落下防止	機能確認		単一故障において吊荷を落下させないことを確認する。	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こと。 フックは外れ防止装置を有すること。
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, 巻き上げ及び巻き下げが可能なこと。

表-7 確認事項（鉄セル（遮へい体，インナーボックス））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
遮へい機能 ^{*1}	材料確認	躯体の遮へい体について，実施計画に記載されている主な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
		遮へい窓の遮へい体について，実施計画に記載されている主な材料及び密度であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	躯体の遮へい体について，実施計画に記載されている遮へい体の厚さを確認する。	実施計画に記載されている遮へい体の厚さ以上であること。
		遮へい窓の遮へい体について，実施計画に記載されている遮へい体の厚さを確認する。	実施計画に記載されている遮へい体の厚さ以上であること。
構造強度・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
		基礎ボルトについて，実施計画に記載されている材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		基礎ボルトについて，実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
	耐圧・漏えい確認 ^{*2}	試験圧力 ^{*3} で一定時間保持した後，試験圧力に耐えていることを確認する。また，耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え，かつ構造物の有意な変形がないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。

*1：遮へい体のみ実施

*2：インナーボックスのみ実施

*3：大気圧比較法（JIS Z 4820）による圧力

表－8 確認事項（グローブボックス（GB-No. 1, 2, 3, 4））

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な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
		基礎ボルトについて, 実施計画に記載されている材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		基礎ボルトについて, 実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 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。
	耐圧・漏えい確認	試験圧力*で一定時間保持した後, 試験圧力に耐えていることを確認する。また, 耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え, かつ構造物の有意な変形がないこと。また, 耐圧部から漏えいがないこと。

*：大気圧比較法（JIS Z 4820）による圧力

表－9 確認事項（フード）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 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。
性能	運転性能確認	運転状態にて開口部（1/2 開放状態）の面速を確認する。	実施計画に記載されている面速以上であること。

表－10 確認事項（セル・グローブボックス用排風機 A, B）

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な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
性能	運転性能 確認	運転を行い，実施計画に記載されている容量を満足することを確認する。また，異音，異臭及び振動の異常がないことを確認する。	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，異臭及び振動の異常がないこと。
		運転中のセル・グローブボックス用排風機が停止したときに，待機しているセル・グローブボックス用排風機が起動することを確認する。	待機しているセル・グローブボックス用排風機が起動すること。

表－11 確認事項（フード用排風機 A, B, 管理区域用排風機 A, B, 管理区域用送風機 A, B）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
性能	運転性能 確認	運転を行い，実施計画に記載されている容量を満足することを確認する。また，異音，異臭及び振動の異常がないことを確認する。	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，異臭及び振動の異常がないこと。
		運転中のフード用排風機，管理区域用排風機，管理区域用送風機が停止したときに，待機しているフード用排風機，管理区域用排風機及び管理区域用送風機が起動することを確認する。	待機しているフード用排風機，管理区域用排風機及び管理区域用送風機が起動すること。
		セル・グローブボックス用排風機，フード用排風機及び管理区域用排風機を停止させ，管理区域用送風機が起動しないことを確認する。	管理区域用送風機が起動しないこと。

表－12 確認事項（セル・グローブボックス用排気フィルタユニット A, B, C, D）

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な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
		基礎ボルトについて, 実施計画に記載されている材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		基礎ボルトについて, 実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 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。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の 1.25 倍以上に加圧し, 同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また, 漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え, かつ構造物の変形がないこと。また, 耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	実施計画に記載されている容量での機器の状態を確認する。	実施計画に記載されている容量にて変形等の異常がないこと。

表-13 確認事項（コンクリートセル用給気フィルタユニット A, B）

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な材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
		基礎ボルトについて, 実施計画に記載されている材料であることを, 材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		基礎ボルトについて, 実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 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。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の 1.25 倍以上に加圧し, 同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また, 漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え, かつ構造物の変形がないこと。また, 耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	実施計画に記載されている容量での機器の状態を確認する。	実施計画に記載されている容量にて変形等の異常がないこと。

表－14 確認事項（鉄セル用給気フィルタユニット A, B, C, D）

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な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
		基礎ボルトについて，実施計画に記載されている材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		基礎ボルトについて，実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の 1.25 倍以上に加圧し，同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また，漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え，かつ構造物の変形がないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	実施計画に記載されている容量での機器の状態を確認する。	実施計画に記載されている容量にて変形等の異常がないこと。

表－15 確認事項（グローブボックス用給気フィルタユニット A～H）

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な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
		基礎ボルトについて，実施計画に記載されている材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		基礎ボルトについて，実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の 1.25 倍以上に加圧し，同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また，漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え，かつ構造物の変形がないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	実施計画に記載されている容量での機器の状態を確認する。	実施計画に記載されている容量にて変形等の異常がないこと。

表－16 確認事項（フード用排気フィルタユニット A，B，管理区域用排気フィルタユニット 1～8）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
性能	運転性能確認	実施計画に記載されている容量での機器の状態を確認する。	実施計画に記載されている容量にて変形等の異常がないこと。

表-17 確認事項（主要排気管，主要給気管）

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な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であることを確認する。また，機器の据付位置，据付状態について確認する。	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であること。また，実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の 1.25 倍以上に加圧し，同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また，漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え，かつ構造物の有意な変形がないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。

表-18 確認事項（分析廃液受槽 A, B）

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な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
	耐圧・漏えい確認	静水頭圧力で保持した後，同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また，耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え，かつ有意な変形がないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側の信号により警報が作動することを確認する。	液位「高高」側の信号により警報が作動すること。

表－19 確認事項（分析廃液移送ポンプ，分析廃液回収ポンプ，設備管理廃液移送ポンプ，
設備管理廃液回収ポンプ）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
性能	運転性能 確認	運転を行い，実施計画に記載されている容量を満足することを確認する。また，異音，異臭及び振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載の容量を満足すること。また，異音，異臭及び振動の異常がないこと。

表－20 確認事項（設備管理廃液受槽 A，B）

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な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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。
	耐圧・漏えい 確認	静水頭圧力で保持した後，同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また，耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	圧力に耐え，かつ有意な変形がないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側の信号により警報が作動することを確認する。	液位「高高」側の信号により警報が作動すること。

表－21 確認事項（塩酸含有廃液保管ラック）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
保管容量	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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－22 確認事項（有機廃液保管ラック）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
保管容量	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，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－23 確認事項（漏えい検出装置及び警報装置）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，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。
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。	警報が作動すること。

表－24 確認事項（液体廃棄物一時貯留設備の堰）

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であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	堰の高さ及び床面積を確認し，実施計画に記載されている最大漏えい量を確保できる容積であることを確認する。	堰の高さ及び床面積を確認し，実施計画に記載されている想定する最大の漏えい量が確保できること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	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－25 確認事項（主要配管）

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な材料であることを，材料証明書等により確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であることを確認する。また，据付位置，据付状態について確認する。	サポート支持間隔が定ピッチスパン法で算出した値以下であること。また，実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力の 1.5 倍に加圧し*1，若しくは静水頭圧力で保持した後*2，同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また，耐圧部から漏えいがないことを確認する。*3	圧力に耐え，かつ有意な変形がないこと。また，耐圧部から漏えいがないこと。
機能・性能	通水確認	通水ができることを確認する。	通水ができること。

*1：第 1 弁から分析廃液移送ポンプ又は回収ポンプ入口まで（鋼管），分析廃液移送ポンプ又は回収ポンプ出口から分析廃液払出口まで（鋼管），第 1 弁から設備管理廃液移送ポンプ又は回収ポンプ入口まで（鋼管），設備管理廃液移送ポンプ又は回収ポンプ出口から設備管理廃液払出口まで（鋼管）

*2：分析廃液受槽出口から第 1 弁まで（鋼管），設備管理廃液受槽出口から第 1 弁まで（鋼管）

*3：最高使用圧力の 1.5 倍をかけることが困難な個所については，放射線透過試験及び可能な限り高い圧力で耐圧試験を行い，耐圧部からの漏えいがないことを確認したのち，代替検査として非破壊検査（浸透探傷試験）で確認する。

表－26 確認事項（固体廃棄物払出準備室）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
保管容量	寸法確認	実施計画に記載されている廃棄物容量を保管できることを確認する。	実施計画に記載されている容量以上であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

表－27 確認事項（試料ピット）＊

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
臨界管理	寸法確認	試料ピットの深さ，中心間距離が，実施計画に記載されている寸法以上であることを確認する。また，試料ピットの■が，実施計画に記載されている寸法以下であることを確認する。	試料ピットの深さ，中心間距離が，実施計画に記載されている寸法以上であること。また，試料ピットの■が実施計画に記載されている寸法以下であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

＊：試料ピットの遮へい機能について，■

遮へい部位は建屋躯体の一部のため，建屋の遮へい機能にて確認する。

表－28 確認事項（排気口 α/β 線ダストモニタ，排気口ガスモニタ）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，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。
機能	警報確認	設定値のとおりに警報が作動することを確認する。	許容範囲内で警報が作動すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて基準計数率を測定し，各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準計数率に対する測定値が許容範囲内であること。
	校正確認	校正点の基準入力を与え，指示値を確認する。	指示値が許容範囲内であること。

表－29 確認事項（ γ 線エリアモニタ，中性子線エリアモニタ）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，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。
機能	警報確認	設定値のとおりに警報が作動することを確認する。	許容範囲内で警報が作動すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて線量当量率を測定し，各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準線量当量率に対する測定値が許容範囲内であること。
	校正確認	校正点の基準入力を与え，指示値を確認する。	指示値が許容範囲内であること。

表－30 確認事項（室内 α/β 線ダストモニタ，室内 β 線ダストモニタ）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，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。
機能	警報確認	設定値のとおりに警報が作動することを確認する。	許容範囲内で警報が作動すること。
性能	線源校正確認	標準線源を用いて基準計数率を測定し，各検出器の校正が正しいことを確認する。	基準計数率に対する測定値が許容範囲内であること。
	校正確認	校正点の基準入力を与え，指示値を確認する。	指示値が許容範囲内であること。

表－31 確認事項（非常用電源設備）

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。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置, 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。
性能	運転性能確認	運転を行い, 実施計画に記載されている容量及び電圧を満足することを確認する。また, 異音, 異臭及び振動の異常がないことを確認する。	実施計画に記載の容量及び電圧を満足すること。また, 異音, 異臭及び振動の異常がないこと。

第2棟の設備の溶接部に係る主要な確認事項を表-32に示す。

表-32 確認事項（主要排気管）

コンクリートセル No. 4 排気口からセル・グローブボックス用排気フィルタユニット C, D 入口までの
外径 100 mm以上の主要排気管

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
溶接検査	材料検査	使用する材料が、JIS 規格等に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合することを材料証明書等により確認する。	使用する材料が、JIS 規格等に適合するものであり、溶接施工法の母材の区分に適合するものであること。
	開先検査	開先面の溶接に悪影響を及ぼす欠陥等がないことを確認する。また、開先形状の管理が行われていることを確認する。	開先面の溶接に悪影響を及ぼす欠陥等がないこと。また、開先形状の管理が行われていること。
	溶接作業検査	あらかじめ確認された溶接施工法であることを確認する。また、溶接士が保有する資格範囲内で溶接されていることを確認する。	あらかじめ確認された溶接施工法であり、溶接士が保有する資格範囲内で溶接されていること。
	非破壊試験	溶接部について非破壊検査（浸透探傷検査）を行い、その試験方法及び結果が溶接規格等に適合するものであることを確認する。	溶接部について非破壊検査（浸透探傷検査）を行い、その試験方法及び結果が溶接規格等に適合するものであること。
	耐圧・漏えい検査	最高使用圧力の 1.25 倍の圧力で保持した後、同圧力に耐え有意な変形がないことを確認する。また、耐圧部から漏えいがないこと（内部欠陥がないこと）を確認する。	圧力に耐え、かつ有意な変形がないこと。また、耐圧部から漏えいがないこと。
	外観検査	溶接部の外観を確認する。	溶接部の仕上がり状態を確認し、有意な欠陥がないこと。