

廃炉発官 R 8 第 5 6 号
令和 8 年 7 月 1 4 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 1 0 月 3 1 日付け廃炉発官 R 7 第 1 1 7 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

大型廃棄物保管庫の使用済吸着塔架台の設置について審査の進捗を踏まえ、下記の通り補正を行う。

併せて、原規規発第2605181号にて認可された実施計画の反映を行う。

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

- ・審査進捗に伴う記載の変更
- ・原規規発第2605181号にて認可された実施計画を反映

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

2.45 大型廃棄物保管庫

本文

- ・審査進捗に伴う記載の変更

添付資料－4

- ・記載の適正化

添付資料－6

- ・審査進捗に伴う記載の変更
- ・審査進捗に伴う図の追加及び変更

添付資料－7

- ・記載の適正化

添付資料－9

- ・審査進捗に伴う記載の追加

添付資料－10

- ・審査進捗に伴う記載の追加
- ・審査進捗に伴う図の追加及び変更

添付資料－11

- ・審査進捗に伴う記載の追加及び変更
- ・記載の適正化

以 上

別添

2.4 特定原子力施設の今後のリスク低減対策

現状、特定原子力施設の追加的放出等に起因する、敷地外の実効線量は低く抑えられている（2.2 参照）。また、多くの放射性物質を含有する燃料デブリや使用済燃料等において異常時に発生する事象を想定したリスク評価においても、敷地外への影響は十分低いものであると評価している（2.3 参照）。

今後、福島第一原子力発電所内に存在している様々なリスクに対し、最新の「東京電力福島第一原子力発電所 中期的リスクの低減目標マップ（以下「リスクマップ」という。）」に沿って、リスク低減対策に取り組んでいく。プラントの安定状態に向けた更なる取組、発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた取組、ならびに使用済燃料プールからの燃料取り出し等の各項目に対し、代表される様々なリスクが存在している。

各項目に対するリスク低減のために実施を計画している対策については、リスク低減対策の適切性確認の視点を基本とした確認を行い、期待されるリスクの低減ならびに安全性、被ばく及び環境影響等の観点から、その有効性や実施の要否、時期等を十分に検討し、最適化を図るとともに、必要に応じて本実施計画に反映する。

また、「I 2.3.7 放射性廃棄物」にて実施する、ALPS 処理水の海洋放出により、廃炉作業に係る敷地などのリソースを有効に活用していくことで、中長期ロードマップに沿った全体工程の達成及びリスクマップに沿ったリスク低減対策を実現していく。

2.4.1 添付資料

添付資料－1 実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（ 1 ／ 9 ）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・中長期的な温度計故障による原子炉冷温停止状態の監視不能リスク	原子炉圧力容器代替温度計の新設		原子炉圧力容器の既設温度計について、既設温度計の故障に備えて、追加温度計を設置できるように、温度監視が可能な箇所を選定し、各号機の温度監視のバックアップが保たれるようにする。	2 号機：平成 24 年 10 月設置完了 1, 3 号機：平成 31 年 4 月に作業の成立性、温度計設置の成立性の観点から設置が困難である旨報告（毎月、温度計信頼性評価を実施）	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤2 号機の温度計の故障が多いことから 2 号機を優先的に設置することが妥当である。1, 2 号機についても順次設置を検討していく予定である。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の圧力容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
			格納容器内監視計器設置		原子炉格納容器内の既設温度計については、故障した場合、メンテナンスや交換ができないことから、原子炉格納容器内部の冷温停止状態の直接監視のために、代替温度計を格納容器貫通部から挿入する。	1 号機：平成 24 年 10 月設置完了 2 号機：平成 24 年 9 月設置完了 平成 25 年 8 月追加設置完了 3 号機：平成 27 年 12 月設置完了	①温度計がメンテナンスできないことにより故障し、使用可能な温度計がなくなった場合は格納容器内の冷却状態の監視ができなくなる。 ②温度が監視できなくなるが、直接的に放射性物質の追加放出リスクに影響はない。 ③新旧の温度計はともに建屋内に設置されているため外部事象に対するリスクは小さい。 ④既設温度計は劣化により故障する可能性が増加する。 ⑤ 3 号機の原子炉建屋内は線量が高いため、1, 2 号機の設置を優先させることは妥当である。3 号機については、設置作業ができるよう環境改善後、速やかに設置する計画を立案する。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦既設の格納容器温度計等の計器の劣化に備え、設置時期、箇所、方法について検討を実施する。
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・注水機能停止リスク ・放射性物質の系外放出リスク	循環注水冷却水源の信頼性向上対策	復水貯蔵タンクへの運用変更と復水貯蔵タンク炉注水ポンプ配管のポリエチレン管化	原子炉注水設備について、水源を仮設バッファタンクから、既設の復水貯蔵タンクに変更することにより、水源保有水量の増加、水源の耐震性向上を図る。さらに配管距離の短縮、ポリエチレン管の新設配管設置により、注水機能喪失及び漏えいリスクの低減を図る。	平成 25 年 7 月復水貯蔵タンクの運用開始 平成 26 年 2 月復水貯蔵タンク炉注水ポンプ配管のポリエチレン管化対策完了	①炉注設備は既に多様性、多重性を備えており、一定の信頼性は確保されているが、期待される更なる信頼性向上が図れない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③水源を復水貯蔵タンクに変更することにより水源の耐震性が高くなるためリスクは低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤炉注設備の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施することにより直接的に増加するリスクはないが、設置環境の線量が高いため被ばく量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				漏えい時の敷地外放出防止対策（堰や漏えい検出設備等の設置検討）	原子炉注水設備の配管等に漏えいが発生した場合の敷地外放出防止・早期検知のために堰や漏えい検知設備を設置する。	平成 25 年 12 月設置完了	①漏えい時における放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対する設備破損リスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				仮設ハウスの恒久化対策	原子炉注水設備のポンプ等を恒久化したハウス内等に配置することにより、台風、塩害、凍結等の外部事象による設備の故障防止を図る。	平成 25 年 2 月設置完了	①凍結等の外部事象リスクが低減しない。 ②炉注機能が停止した場合の放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③仮設ハウスを恒久化することで外部事象に対するリスクは低減する。 ④仮設ハウスを恒久化するものであり、時間的なリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
			建屋内循環ループ構築		水処理設備など建屋外に設置された設備を経由しない循環ループを形成し、系外への放出リスクを低減する。また、建屋内滞留水をそのまま冷却水として使用することにより、水処理設備等の処理量、あるいは原子炉格納容器からの漏えい水量に依存せずに、原子炉注水量を増加させるシステムが構築出来る。	平成 28 年 10 月運用開始 （建屋滞留水循環冷却は、燃料デブリ取り出しに合わせ検討中）	①大循環ループからの漏えいリスクが低減しない。 ②屋外に敷設されているループ長が縮小する分、漏えいリスクを低減する。 ③建屋内に設置することで、気象等に関わる外部事象に対するリスクが低減する。 ④現行設備でも適切な保全により長期間使用可能と考えており、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤建屋内循環ループを構築する前段階として、滞留水水質、作業環境や格納容器止水作業等との干渉も含めて取水場所等を検討する必要があるため、目標時期までに対策できるよう、実施に向けての調査・検討を行っている。 ⑥作業員の被ばくリスクに加え、建屋内が高線量となるリスクがある。 ⑦滞留水水質の傾向監視、ライン構成の最適化、除染等の環境改善等を考慮し、効果的な対策となるよう検討していく必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（2／9）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	原子炉の冷却計画	・原子炉圧力容器・格納容器内不活性雰囲気維持機能喪失リスク	原子炉圧力容器・格納容器への窒素供給装置の増設	窒素供給装置は常用している2台の内1台の運転で、原子炉格納容器内の水素濃度を可燃濃度（4％）以下に維持するのに十分な性能を保持している。また運転号機が停止しても予備の装置を起動するまでの余裕時間も十分確保（100時間以上）されていることから、常用1台の運転で問題はないが、更なる信頼性向上のため、常用の窒素ガス分離装置を1台増設する。	平成25年3月設置完了	①原子炉格納容器内窒素封入設備は、非常用電源を装備した窒素供給装置の設置により多重性を確保しているものの、常用機器の長期間停止を伴う点検等を行う場合には、常用機器が単一状態となる。 ②現状の設備設置状況でも機器の多重性を確保していること、運転号機が停止した場合の停止余裕時間も十分に確保（100時間以上）されていることから、今回の更なる信頼性向上対策が無くとも、水素爆発の可能性は十分に低く抑えられていると考えている。 ③高台に設置することにより、外部事象に対するリスクは低減する。 ④設備の経年的な劣化により窒素供給設備が故障するリスクが増加するが、装置の増設により、より適切な保守管理が可能となる。 ⑤窒素供給装置の信頼性を向上させることはリスク低減に寄与するため、早期に実施することが望ましく既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦実施できないリスクはない。
			水素の滞留が確認された機器への窒素ガス封入	サブプレッションチェンバ(S/C)気相部等の高濃度の水素滞留が確認された機器について、窒素ガスの封入等により不活性状態にする。	1号機：平成24年10月より対応中 2号機：平成25年5月より対応中 3号機：S/C内閉空間気相部の水素残留状況の調査を検討中	①今回確認されたサブプレッションチェンバ内の高濃度の水素は、事故初期に発生したものの残留物であると考えられ、酸素濃度が低いことや現在まで閉空間内に安定して存在してきてきたことを鑑みると、水素爆発が発生する緊急性は低いと考えられる。しかしながら、水素パージを行わなければ、この状況が継続する。 ②サブプレッションチェンバは格納容器の一部であること、閉空間の容積によっては水素の残留量が大きい可能性があることから、万一水素爆発が発生した際に放射性物質が放出されるリスクがあるが、本対策により低減ができる。 ③水素パージにより外部事象に対する水素爆発のリスクは低減する。 ④事故後現在まで安定した状態を維持していることや水の放射線分解の寄与は小さいと考えられること、格納容器内については窒素封入により不活性状態は維持され、格納容器ガス管理設備により水素濃度を監視していることから、時間的リスクが急激に増加することはないと考えられる。 ⑤サブプレッションチェンバ補修工事等の関連工事や現場線量環境を考慮した上で、現場調査等を慎重に行い、高濃度の水素が確認された場合には、早期に対策を実施する必要がある。 ⑥建屋内の高線量作業であるため、作業員の被ばくリスクに加え、水素濃度の挙動を確認しつつ作業を行う必要がある。 ⑦現場の状況を踏まえて安全に水素パージができるように窒素封入方法を検討する必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（3／9）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	滞留水処理計画	・放射性物質の系外放出リスク	汚染水処理設備等の信頼性向上	滞留水移送・淡水化装置周りの耐圧ホースのポリエチレン管化	滞留水移送・処理設備において耐圧ホースを使用している箇所をより信頼性の高いポリエチレン管等に交換することにより、滞留水、処理水の漏えいリスク、漏えい水による他の設備損傷リスク、漏えい時の作業環境悪化リスクの低減を図る。	平成 24 年 8 月対策完了	①滞留水移送ラインからの放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、地震等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④ポリエチレン管等へ取替を行うことにより、時間的な設備劣化損傷リスクは低減する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦ポリエチレン管等の敷設が出来ない場合は、堰等により漏えいの拡大防止を図る。
				中低濃度タンク増設、及びRO濃縮水一時貯槽のリプレース	ALPS 処理水の貯留場所確保のために中低濃度タンクを増設する。	令和 2 年 12 月目標容量の中低濃度タンク設置を完了（合計 137 万 m³）	①日々増加し続ける ALPS 処理水の保管場所が無くなり、貯留できなくなるリスクがある。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③貯蔵量を確保することが目的であり、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④中低濃度タンクの経年劣化により漏えいリスクは増加する。 ⑤貯留場所確保のため、計画的に増設していく必要があり、既に実施している。 ⑥滞留水・処理水貯蔵量の増加により、漏えいリスクは増加する。 ⑦中低濃度タンク設置場所には限界があるため、緩和措置として、地下水流入量低減対策を確実に実施する必要がある。
				中低濃度タンクエリアへの堰等の設置	中低濃度タンクエリアに堰等を設置することにより、貯蔵タンクからの漏えいの早期発見と大規模漏えい時の系外への拡大防止	中低濃度タンク設置に合わせ順次実施。目標容量（137 万 m³）の中低濃度タンク設置分は、漏えい拡大防止策を実施済	①漏えい時における放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③漏えい拡大防止を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④漏えい拡大防止を目的としており、時間的にリスクは変化しない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
			多核種除去設備の設置		本設備により、汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性核種（トリチウムを除く）を十分低い濃度まで除去することにより、汚染水貯蔵量の低減ならびに中低濃度タンク貯留水の放射能濃度低減による漏えい時の環境影響の低減を図る。	既設 ALPS：令和 4 年 3 月より本格運転開始 増設 ALPS：平成 29 年 10 月より本格運転開始 高性能 ALPS：令和 5 年 2 月より本格運転開始	①大量の放射性物質を含んだ汚染水を保有し、漏えいするリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③汚染水の処理により外部事象に対する中低濃度タンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは低減できる。 ④多核種除去設備の稼動が遅れることにより、汚染水貯留量が増加し中低濃度タンク等からの大量の放射性物質を含んだ汚染水が漏えいするリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが必要であり、本格運転を開始した。 ⑥二次廃棄物の長期保管ならびに漏えいリスクが発生する。 ⑦対策を実施できないリスクはないが、実施できない場合中低濃度タンクを増設し汚染水を貯留する。
			可能なトレンチから順次、止水・回収の実施		トレンチ内の滞留水を回収し、系外への漏えい防止を図る。	可能なトレンチ等から順次、止水・回収を実施中 海水配管トレンチ内汚染水除去完了 2 号機： 平成 27 年 6 月（トレンチ内滞留水移送完了） 平成 29 年 3 月（立坑充填完了） 3 号機： 平成 27 年 7 月（トレンチ内滞留水移送完了） 平成 27 年 8 月（立坑充填完了） 4 号機： 平成 27 年 12 月（トレンチ内滞留水移送完了、立坑充填完了） 1 号機：対応中	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っているが、高濃度滞留水のコンクリート健全部中の拡散を評価したところ、トレンチ部は 10～13 年で外表面に達するリスクがある。 ⑤止水方法の成立性等を検討し、可能なトレンチから順次実施していくことが望ましく、また、並行して津波対策を実施予定。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、トレンチ内滞留水の処理が必要となる。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（４／９）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	滞留水処理計画	・放射性物質の系外放出リスク	建屋の津波対策（建屋開口部の閉鎖・水密化）	仮設防潮堤を超える津波が建屋開口部から浸入し、建屋地下に滞留している高濃度滞留水が系外へ漏えいしないよう建屋開口部の閉鎖・水密化等を行う。	令和４年１月建屋開口部閉止（合計 127 箇所）完了	①津波の浸入等により滞留水が敷地外へ流出するリスクが低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④現在でも適切な管理を行っている上、水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるが、時間的なリスクの変化は小さい。 ⑤現場状況を勘案し、対策の必要な箇所については、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた止水方法等を検討する必要がある。
			滞留水一時貯留設備の設置	プロセス主建屋(PMB)/高温焼却炉建屋(HTI)の滞留水処理を実施し、床面露出するには、PMB/HTI での１－４号機建屋内滞留水の一時貯留が不要な処理プロセスへの変更が必要なため、PMB/HTI に代わるパッファ機能などを有する設備として滞留水一時貯留設備を設置する。	今後対策実施	①PMB, HTI からの放射性物質の追加放出リスクが低減しない。 ②PMB, HTI からの漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することにより津波の浸入等による滞留水が敷地外へ流出するリスクは低減する。 ④PMB, HTI の建屋の止水箇所の劣化等により、漏えいに繋がる損傷が発生する可能性が増加する。 ⑤PMB, HTI の滞留水処理のために可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、滞留水から分離したスラッジについては、継続して PMB には蓄積することになる。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
		・滞留水の発生量の増加リスク	サブドレンの復旧	建屋周辺の地下水を汲み上げる設備（サブドレン）を復旧し、地下水位を下げることで、建屋内への地下水流入量の低減を図る。	平成 27 年 9 月サブドレン稼働開始	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤可能な限り早期に実施していく必要があり、復旧計画を検討中。 ⑥対策を実施するリスクは小さいが、サブドレン水の浄化が必要となる。 ⑦他の地下水流入量低減対策として、地下水バイパスを早期に稼働することで地下水流入量抑制を図る。
			地下水バイパスの設置	建屋周辺の地下水は山側から海側に向かって流れていることから、建屋山側の高台で地下水を揚水し、その流路を変更して海にバイパスすることにより、建屋周辺の地下水位を段階的に低下させ、建屋への地下水流入量の低減を図る。	平成 26 年 5 月地下水バイパス稼働開始	①建屋への地下水流入量が減少しないため、汚染水の増加リスクは低減しない。 ②漏えい時における放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③地下水流入量低減を目的としており、外部事象に対するリスクは変化しない。 ④水処理の継続により、滞留水中のインベントリは低減していく方向であるものの、建屋への地下水の流入量を低減できないため、建屋内滞留水の漏えいリスクが増加する。 ⑤干渉する作業などはないことから、可能な限り早期に実施することが望ましい。 ⑥揚水井稼働により建屋の周辺地下水位が下がりすぎ、建屋の汚染水が流出するリスクやバイパスの揚水井に汚染した地下水を引き込み、海域へ放出されるリスクへの対応が必要である。 ⑦揚水井を稼働しても建屋への地下水流入が想定どおり減少しない場合も考慮し、水処理・貯留場所の確保を行う必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（5／9）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
プラントの安定状態維持・継続に向けた計画	電気系統設備の信頼性向上	・単一故障による電源停止リスク	タービン建屋内所内高圧母線設置及び重要負荷の供給元変更	1 系統で供給していた重要負荷に対し、タービン建屋 2 階に設置する 2 系統の所内高圧母線から供給できるようにすることで信頼性を向上させる。	平成 25 年 3 月タービン建屋内所内高圧母線設置完了 平成 25 年 7 月重要負荷の供給元変更完了	①1 系統で電源供給している重要負荷については、電源喪失時は一部小型発電機にて機能維持ができるが、機能喪失に繋がるリスクは低減しない。 ②重要度の高い原子炉注水設備の更なる信頼性向上に寄与するとともに、使用済燃料プール設備の一部の動的機器について、電源を 2 系統から供給できるようになるため、燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクを低減できる。 ③タービン建屋 2 階に設置されている所内高圧母線から供給できることにより、津波に対する電源喪失リスクは低減する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
		・津波浸水による電源喪失リスク	共用プール建屋の防水性向上	所内共通ディーゼル発電機 A、B が設置されている共用プール建屋に対して津波対策として防水性を向上させる。	平成 25 年 9 月対策完了	①共用プール建屋内への津波の浸入による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクは低減しない。 ②共用プール建屋内への津波の浸入を防止することで、所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能が維持できるため燃料の損傷による放射性物質の追加放出リスクは低減する。 ③津波による所内共通ディーゼル発電機の電源供給機能喪失のリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、実施に向け検討を進めている。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦現場の状況を踏まえた方法を検討する必要がある。
		・電源喪失時の復旧遅延リスク	小型発電機・電源盤・ケーブル等の資材の確保	津波・地震による全交流電源喪失を伴う異常時に備えて、重要設備の復旧作業に必要な屋外照明等の資材を確保する。	平成 25 年 3 月対策完了	①津波や地震により全交流電源喪失を伴う異常が発生した場合に、屋外照明等が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ②放射性物質の追加放出リスクはないが、全交流電源喪失等の異常が発生した場合に、照明が無いことにより重要な設備の緊急復旧作業が遅延するリスクがある。 ③復旧資材の確保に対して外部事象に対するリスクはない。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない
			所内高圧母線 M/C（非常用 D/G M/C を含む）の免震重要棟からの遠方監視・操作装置の新設	免震重要棟からの遠方監視・操作を可能とし、異常の早期検知を図る。	平成 25 年 1 月対策完了	①電源喪失時に異常の検知等が遅れることで復旧作業が遅延するリスクがある。 ②対策を実施することで原子炉注水設備等の重要負荷の電源供給機能の長期機能喪失を防止することができるため、燃料の損傷等による放射性物質の追加放出リスクは低減する。 ③対策を実施することで外部事象に対する電源供給機能の長期喪失リスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に完了している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（6／9）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性			
発電所全体の放射線量低減・汚染拡大防止に向けた計画	海洋汚染拡大防止計画	・放射性物質が地下水に流出した際の海洋への放出リスク	遮水壁の設置	建屋内の汚染水が地下水に流出した場合、汚染された地下水が地下の透水層を経由して海洋に流出することを防止する	平成 27 年 10 月設置完了	①汚染水が地下水に流出した場合の汚染水が海洋等へ流出するリスクが低減しない。 ②汚染水が地下水に流出した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③敷地内の汚染水保管設備が破損した場合、遮水壁が汚染水流出の歯止めとなるため、外部事象に対するリスクは低減できる。 ④汚染水流出の歯止めが目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤干渉する作業などはないことから、早期に設置することが望ましく、既に実施している。 ⑥地下水ドレンでくみ上げた水により構内の保管水量が増加する。 ⑦対策を実施できないリスクはない。			
		・港湾内の放射性物質の海洋への拡散リスク	港湾内海底土の浚渫・被覆等	港湾内の環境改善のために海底の汚染土の除去と大型船舶の航路・泊地を確保することを目的に、港湾内海底土の浚渫・被覆等を実施する。 浚渫した土は航路・泊地エリア外に一時的に集積させることとし、集積した土については再拡散防止のため、被覆等を実施する。	平成 28 年 12 月対策完了	①港湾内の海底土が波浪等により再拡散し、港湾外に放出するリスクが低減しない。 ②波浪等により海底土が再拡散した場合、放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③対策を実施することで外部事象により海底土が再拡散するリスクは低減する。 ④海底土の拡散防止が目的であり、リスクの時間的な変化はない。 ⑤港湾内の船舶航行及び海上作業の輻輳状況を把握した上で、実施時期を検討する。 ⑥海底土が再拡散しない施工方法を選択することによりリスクは小さくなる。 ⑦対策を実施できないリスクはない。			
	放射性廃棄物管理及び敷地境界の放射線量低減に向けた計画	ガレキ等	・敷地内被ばくリスク	瓦礫類の覆土式一時保管施設の増設 または一時保管エリア A の追加遮へい	施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による敷地境界線量 1mSv/年未満を達成するため、瓦礫等の保管施設の増設等を実施する。また、これらの作業により、敷地内全体の雰囲気線量も低減され、作業環境の改善にもなる。	平成 27 年 6 月設置完了	①「措置を講ずべき事項」に要求されており、対策を実施しない場合、平成 25 年 3 月末時点での敷地境界線量 1mSv/年未満の目標達成が困難となる。 ②敷地境界線量の目標達成が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③対策を実施することにより、竜巻等による瓦礫等の飛散するリスクは低減する。 ④敷地境界線量の目標達成が目的であり、時間的なリスクの変化はない。 ⑤平成 24 年度内に達成することを目標としており、作業としては既に実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦対策を実施できない場合、施設内に保管されている発災以降発生した瓦礫や汚染水等による平成 25 年 3 月末時点での敷地境界線量 1mSv/年未満が達成できなくなる。なお、代替策は時間的な制約から困難である。また、保管施設設置場所は限界があるため、放射性廃棄物の減容等を確実に実施する必要がある。		
				覆土式の伐採木一時保管槽の設置		平成 24 年 12 月設置完了			
				固体廃棄物貯蔵庫の設置		第 9 棟：平成 30 年 1 月設置完了 第 10 棟：令和 7 年 4 月設置完了 第 11 棟：令和 10 年部分運用開始予定 令和 11 年設置完了予定			
		水処理二次廃棄物	・敷地内被ばくリスク ・放射性物質の系外放出リスク	使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第三施設、第四施設）の設置		第三施設：平成 26 年 2 月設置完了 第四施設：平成 25 年 6 月設置完了		遮へい設置：平成 25 年 3 月設置完了 移動：平成 26 年 3 月移動完了 令和 8 年度運用開始予定	
				吸着塔保管施設の遮へい設置ならびに吸着塔の移動					
				大型廃棄物保管庫の設置					
		気体廃棄物	・放射性物質の系外放出リスク	2 号機ブローアウトパネルの閉止		2 号機原子炉建屋ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋から大気への放射性物質の放出を抑制する。		平成 25 年 3 月閉止完了	①対策を実施しない場合、原子炉建屋から放射性物質が放出する状態が継続する。 ②原子炉の状態に変化がなければ、追加放出リスクに変化はない。 ③対策を実施することにより暴風等の外部事象に対するリスクは低減する。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施する必要があるが、ブローアウトパネルを閉止することで、原子炉建屋内の作業環境悪化が懸念されることから、空調設備設置完了後に実施する。 ⑥対策を実施することで原子炉建屋内の作業環境悪化が懸念されるため、これらを改善するための空調設備の設置が必要。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要がある。
				3、4 号機使用済燃料取出用カバーの設置、フィルタ付換気設備の設置・運転		使用済燃料プールから燃料を取り出すにあたって、作業時の放射性物質の舞い上がりによる大気への放射性物質放出を抑制するため、カバー並びに換気設備の設置を行う。		3 号機：平成 30 年 2 月燃料取り出し用カバー設置完了 4 号機：平成 25 年 11 月燃料取り出し用カバー設置完了 3 号機：平成 30 年 6 月換気空調設備設置完了 4 号機：平成 25 年 10 月換気空調設備設置完了	①対策を実施しない場合、使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりにより、放射性物質が放出するリスクが低減しない。 ②使用済燃料取出し作業に伴う舞い上がりによる放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③カバーの設置により、風雨により作業性が悪化するリスクを低減できる。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤早期に実施していく必要があり、既に工事を実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等への被ばくが発生する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要がある、現場の状況により使用済燃料の取り出し作業が遅れるリスクがある。
敷地内除染計画	・敷地内被ばくリスク	敷地内の除染計画の策定・実施	敷地内の雰囲気線量を低減させることにより、作業被ばくを低減させるとともに、ノーマスクエリア等を拡大し、作業員の作業負担軽減を図る。	平成 30 年 5 月以降除染や舗装等の対策により構内全体の 96%のエリアで一般作業服と防塵マスク等の軽装備で作業が可能	①対策を実施しない場合、敷地内の雰囲気線量が低減しない。 ②被ばく抑制が目的であり、放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③外部事象に対するリスクは小さい。 ④時間的なリスクの変化はない。 ⑤対象範囲が広範囲であること、一部雰囲気線量が非常に高い所もあることから、段階を踏んで、計画的に実施していくことが必要。現在、その認識の基、比較的に効果が見込めるエリアを選定し、作業を実施している。 ⑥対策を実施することで、作業員等の被ばくが増加する。その為、線量管理等を適切に実施することが必要。 ⑦現場の線量に応じた除染方法を検討する必要がある。				

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（ 7／ 9 ）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策		目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
使用済燃料プールからの燃料取出計画	1～6号機 使用済燃料 プール	・冷却機能喪失リスク	1～4号機使用済燃料プール循環冷却設備の信頼性向上対策	予備品の確保	S F P冷却については、震災後設置した冷却設備等により継続してプールの冷却・浄化等を実施している。昨年に設置した設備の故障等により、冷却機能が一時停止する事象が発生したため、これらの再発を防止するため予備品の確保並びに電源の多重化を行う。	平成 25 年 4 月対策完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。
				所内電源（M/C）多重化		1, 2 号機：平成 25 年 3 月対策完了 3, 4 号機：平成 25 年 6 月対策完了	
	共用プール	・被災したキャスクの腐食等のリスク	・貯蔵容量の不足リスク	1～6号使用済燃料プールから共用プールへの燃料移動	1～4号使用済燃料プールには約3,000体の燃料集合体が保管（1号機：392体、2号機：615体、3号機：566体、4号機：1533体）されており、これらの崩壊熱を除去するため、震災後に使用済燃料プール循環冷却系を設置している。これら冷却設備については、震災直後に設置した設備であるため、信頼性向上対策等を実施することで冷却機能が継続できるよう対策を講じているが、これら機能が長時間停止した場合、使用済燃料の崩壊熱により、最悪の場合、使用済燃料が溶融し、大気へ放射性物質を放出する可能性が考えられる。その為、使用済燃料をより信頼性の高い冷却機能を有し、雰囲気線量が低く管理しやすい、共用プールに移送し、保管・管理を実施する。 5, 6号使用済燃料プールには約3,000体の燃料集合体が保管（5号機：1,542体、6号機：1,654体）されており、これらの崩壊熱を除去するため、既存の燃料プール冷却浄化系で冷却をしている。廃炉の決定を踏まえ、5, 6号機使用済燃料プールの使用済燃料においても、1, 2号機の作業に影響を与えない範囲で共用プールに移送していく。	1号機：令和9年度～令和10年度燃料取り出し開始 2号機：令和6年度～令和8年度燃料取り出し開始 3号機：令和3年2月燃料取り出し完了 4号機：平成26年12月燃料取り出し完了 5号機：令和6年度より燃料取り出し開始 6号機：令和4年度より燃料取り出し開始	①使用済燃料の冷却機能が長時間停止した場合、使用済燃料の崩壊熱により、最悪の場合、使用済燃料が溶融し、大気へ放射性物質を放出するリスクは低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③共用プールへ1～6号機使用済燃料プールの使用済燃料を受け入れることにより、使用済燃料プールでの地震、津波等の外部事象の影響による冷却機能喪失時のリスクが低減する。 ④冷却設備の劣化より、リスクは経時的に増加する。一方、冷却機能を長期間継続することで使用済燃料の崩壊エネルギーが減少していき、仮に設備が停止しプールの水温が上昇しても管理値に達するまでの時間は長くなる。 ⑤使用済燃料を取り出すには、原子炉建屋上部の瓦礫等の撤去、燃料取り出し用カバー、燃料取扱設備の設置等が必要であり、これらを事前に行う必要がある。これら準備が整い次第、早期に行うことが必要である。 ⑥使用済燃料を共用プール等へ移送させるため、移送時の燃料落下防止対策等を講じる必要がある。また、高線量雰囲気であれば、除染等の作業等を行うことも検討する必要がある、作業員の被ばく管理等を適切に行う必要がある。 ⑦瓦礫の影響や燃料ハンドルの変形等により取り出しが不可となった場合、後工程の燃料デブリ取り出し工程に影響を及ぼす可能性があることから、これらの取扱方法について検討している。
				共用プールから仮保管設備への燃料移動	共用プールには保管容量6840本に対して、既に6377本保管している。今後、使用済燃料プールから使用済燃料を受け入れるため、十分に冷却が進んだ使用済燃料を乾式キャスクに移し、共用プールの燃料受入容量を確保する。	平成25年6月以降順次実施	①対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③乾式キャスクに移し、高台の仮保管施設に移動することにより津波に対するリスクが低減する。 ④対策を実施しない場合、使用済燃料プールからの燃料移送が困難となり、使用済燃料プールでの冷却機能喪失時におけるリスク等が低減されない。 ⑤使用済燃料取り出しのために空き容量確保のため、計画的に実施する必要がある。 ⑥キャスク移送時の燃料落下防止対策等を講じる。 ⑦従前より実績のある取扱作業であるが、共用プール内の燃料払い出し作業と受け入れ作業の輻輳による遅延が発生しないよう工程管理を検討する必要がある。
共用プール	・冷却機能喪失リスク	・被災したキャスクの腐食等のリスク	キャスク保管建屋から共用プールへのキャスク移動	キャスク保管建屋には、震災前から保管している乾式燃料キャスクがあり、震災の影響により海水等を被っており、腐食等の影響が懸念される。また、パトロール時の線量、温度測定で異常の無いことを確認しているものの、常用の監視系は使用できない状況である。その為、これらキャスクを共用プールに移送し、キャスク本体の健全性を確認する。	平成25年5月完了	①対策を実施しない場合、密封機能の健全性等、懸念材料が払拭されないこととなる。 ②乾式燃料キャスク内には既に使用済燃料（キャスク9基内に合計408本）を保管しており、キャスクの密封機能等の健全性が確認・維持されなければ、保管した使用済燃料からの放射性物質放出の抑制機能が確認できない。 ③再度津波等が発生した場合、キャスク保管建屋に海水等が浸水し、キャスクの密封機能等の健全性に影響を与える可能性がある。 ④腐食等の進展によりキャスクの密封機能等の健全性が損なわれる可能性がある。 ⑤キャスクをキャスク保管建屋から移送するための準備、受入側の共用プールの準備ができ次第、これら復旧作業を順次実施する計画である。 ⑥キャスクを移送するにあたっては、移送時のキャスク落下防止対策等を講じる。 ⑦監視について検討する必要がある。	
			共用プールM/C設置	共用プールの電源設備について、M／C（A）（B）を復旧することで、信頼性を向上させ、冷却機能維持に努める。	平成25年9月設置完了	①電源停止等により冷却機能が一時的に喪失するリスクが低減しない。 ②冷却機能が長期間喪失した場合の使用済燃料からの放射性物質の追加放出リスクは大きい。 ③外部事象に対するリスクは継続する。 ④長期的には、電気設備の経年的な劣化故障による重要負荷の電源喪失のリスクは増加する。 ⑤可能な限り早期に実施することが望ましく、既に実施している。 ⑥対策を実施するリスクは小さい。 ⑦対策を実施できないリスクはない。	

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（8／9）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
原子炉施設の解体・放射性廃棄物処理・処分にに向けた計画	放射性廃棄物処理・処分にに向けた計画	・廃棄物保管容量の不足リスク	雑固体廃棄物焼却設備の設置	敷地内で発生した放射性固体廃棄物等を焼却，減容するため焼却設備を設置する。	平成 28 年 3 月運用開始	①対策を実施しない場合，保管する放射性固体廃棄物等が増加するとともに，保管・管理に係る業務が継続する。 ②放射性固体廃棄物等が増加するが，放射性物質の追加放出リスクは小さい。 ③保管物が火災等の外部事象によって，飛散する可能性がある。 ④対策を実施しなかった場合，放射性固体廃棄物等の保管リスクは時間的に増加する。 ⑤対策には建屋の建設から必要であり，長期にわたって時間を必要とする。現在既に設計に入っており，H26 年度下期供用開始に向け，作業を進めている。 ⑥放射性固体廃棄物等を焼却することから，大気へ放射性物質を放出する可能性がある。その為，適切な処理設備を設置するとともに，放出管理も併せて実施し，敷地外への影響がないことを確認する。 ⑦対策を実施できない場合は継続的に保管エリアを確保する必要がある。

実施を計画しているリスク低減対策ならびに適切性（9／9）

ロードマップ関連項目		想定されるリスク	リスク低減対策	目的	対応状況	個々の対策に対する適切性
I-2-4-添1-9 その他	火災対策	・発電所周辺・所内火災の延焼リスク	防火帯の形成・維持 発電所内火災対策の策定・実施	発電所周辺大規模火災から発電所重要設備の防護のため、防火帯を形成するとともに、発電所内火災から重要設備の防護・延焼防止のため対策を策定・実施する。	防火帯の形成は実施済 今後も継続的に維持を行う 火災対策について、今後も継続的に実施する	①発電所敷地内外で大規模火災が発生した場合に、設備の機能喪失ならびに放射性物質の舞い上がりが発生する可能性がある。 ②大規模火災によって放射性物質の追加放出リスクがある。 ③対策を実施することで大規模火災等の外部事象に対し、リスクを低減することができる。 ④リスクは時間的に変化しない。 ⑤計画的に実施していく必要がある。 ⑥防火帯の形成のために新たな森林の伐採が必要となり、保管エリアの確保・伐採木の自然発火に対する対策が必要となる。 ⑦現場の状況に応じた対策（カメラによる監視・火報の設置・巡視等）を検討・実施し、火災の早期検知に努めるとともに迅速な初期消火を行える体制を構築する必要がある。
	敷地の確保に向けた計画	・特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減のための施設建設用の敷地の不足リスク	ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設の設置	特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減のため、今後新たな施設（燃料デブリ保管施設等）を建設する必要がある。施設建設用の敷地を確保するため、ALPS 処理水等の貯蔵量を低減し中低濃度タンクを解体できるよう、汚染水発生量以上の量の ALPS 処理水を海洋へ放出できる設計及び運用とした ALPS 処理水希釈放出設備及び関連施設を設置する。	令和 5 年 4 月中頃使用前 検査完了予定	①対策を実施しない場合、廃炉作業に必要な施設の設置のための施設が確保出来ず、全体工程の達成及びリスクマップに沿ったリスク低減が実施されない。 ②海洋放出前の ALPS 処理水等の貯蔵が継続するが、溶接タンクでの保管や中低濃度タンクエリアへの堰の設置により、放射性物質の追加放出リスクは海洋放出前とほとんど変わらない。 ③対策を実施することにより、外部事象により、中低濃度タンクに貯留している汚染水、ALPS 処理水の系外漏えいが発生するリスクを低減することができる。 ④ALPS 処理水等の貯蔵量が増加し、中低濃度タンクの保守管理が継続することにより、廃炉作業に必要な施設建設用の敷地の確保に加えて、燃料デブリの取り出し等といった相対的に高いリスクの低減に活用出来るリソースの確保等にも影響を与える。 ⑤「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多核種除去設備等処理水の処分に関する基本方針」に沿った時期となっている。 ⑥ALPS 処理水を海洋放出することから、告示濃度限度比 1 以上のトリチウムを放出することとなる。測定・確認用設備での濃度確認、100 倍以上の希釈、希釈後のトリチウム放出量 1,500Bq/L 未満、年間トリチウム放出量 22 兆 Bq/年未満とする設計・運用により、環境への影響を抑制する。また、溶接タンクの解体・撤去方法の確立や発生する固体廃棄物の保管管理が必要となる。 ⑦長期にわたって ALPS 処理水の安定的な海洋放出が必要とされることから、その供用期間中に想定される機器の故障等を考慮した設計及び運用とする。
			特定原子力施設の全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減のための施設建設用に向けた、実施計画に必要な機能を有しない設備・機器（震災前から設置されている設備・機器を含む）の解体撤去（以降、解体撤去）	解体撤去は、福島第一原子力発電所全体のリスク低減対策を行うにあたり、今後の廃炉作業に必要な施設や設備の設置エリアの確保や廃炉作業に係る作業干涉の未然防止の為、安全確保を最優先に且つ遅滞なく実施する。	継続的に実施する	①対策を実施しない場合、今後の廃炉作業に必要な施設や設備の設置エリアが確保出来ず、全体工程達成及びリスクマップに沿ったリスク低減が実施されない。 ②対策を実施することにより、追加放出リスクを低減することができる。 ③対策を実施することにより、外部事象に対するリスクを低減することができる。 ④対策を実施することにより、廃炉作業に係る作業干涉の未然防止に繋がり、作業干涉による一時的な作業中断や工程遅延が発生するリスクを低減することができる。 ⑤既に実施している。 ⑥稼働中の周辺設備に影響を与えないことを図面および現場調査にて確認を行ったうえで実施する。 ⑦現場の状況を踏まえた方法等を検討する必要がある。
	分析	・燃料デブリや廃棄物対策の安定保管や処理処分に向けた検討の遅延リスク	放射性物質分析・研究施設第 2 棟の設置	高線量の燃料デブリや廃棄物の各種分析を行い、それらの長期安定保管や処理処分の検討を進めるために放射性物質分析・研究施設第 2 棟を設置する。	第 2 棟 令和 10 年運用開始予定	①対策を実施しない場合、高線量の燃料デブリや廃棄物の長期安定保管や処理処分の検討が計画通りに進まない。 ②高線量の燃料デブリや廃棄物を取扱うため放射性物質の追加放出リスクがあるため、遮蔽や閉じ込め、臨界防止等の安全対策を講じるとともに、設計評価事故の放射線障害の防止、多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止について評価し、影響がないよう設計する。 ③安全上重要な設備を外部事象から防護するよう設計し、リスク低減を図る。 ④廃棄物対策や燃料デブリ取り出し等のリスク低減が遅延する可能性がある。 ⑤燃料デブリの分析を主として、「燃料デブリの段階的な取り出し規模の拡大」時期を考慮して運用開始させる。 ⑥高線量の燃料デブリや廃棄物を取り扱うため、遮蔽や閉じ込め、臨界防止等の安全対策により施設運用に伴う施設外への放射線影響を抑制する。 ⑦対策を実施できない場合は、取扱量に制限がかかるものの、茨城地区の分析施設を活用する。

2.45 大型廃棄物保管庫

2.45.1 基本設計

2.45.1.1 設置の目的

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

2.45.1.2 要求される機能

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

2.45.1.3 設計方針等

2.45.1.3.1 大型廃棄物保管庫の概要

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

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

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

2. 45. 1. 3. 2 大型廃棄物保管庫の基本設計方針

(1) 放射性固体廃棄物の保管

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

(2) 放射性液体廃棄物の保管・管理

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

(3) 放射性気体廃棄物の処理・管理

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

(4) 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

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

(5) 作業者の被ばく線量の管理等

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

(6) 緊急時対策

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

(7) 設計上の考慮

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

① 準拠規格及び基準

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

② 自然現象に対する設計上の考慮

a. 地震に対する設計上の考慮

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

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

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

③ 外部人為事象に対する設計上の考慮

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

④ 火災に対する設計上の考慮

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

⑤ 環境条件に対する設計上の考慮

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

⑥ 運転員操作に対する設計上の考慮

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

⑦ 信頼性に対する設計上の考慮

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

⑧ 検査可能性に対する設計上の考慮

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

2.45.1.4 供用期間中に確認する項目

可燃性気体（水素）の排出に必要な換気設備の運転状況が確認できること。

2.45.1.5 主要な構築物、系統及び機器

大型廃棄物保管庫には、主要な構築物、系統及び機器として、建屋、換気設備、クレーン及び保管架台を設ける。

(1) 建屋

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

(2) 換気設備

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

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

(3) クレーン

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

(4) 保管架台

使用済吸着塔等は、直接支持構造物である保管架台を用いることにより安定に静置する。保管架台は床版に固定する。

2.45.1.6 機器の故障への対応

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

2.45.2 基本仕様

2.45.2.1 主要仕様

(1) 貯蔵エリア

容 量	幅 約 15.8m×長さ 約 55.2m
数	3

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

(2) 送風機

容 量	12,000 m ³ /h/基
基 数	2

(3) 排気フィルタ

容 量	23,700 m ³ /h/基
基 数	1

(4) 排風機

容 量	12,000 m ³ /h/基
基 数	2

(5) クレーン

型 式	橋形クレーン
基 数	1
定格荷重	30／2.8t（主巻／補巻）

(6) 吸着塔保管体数

360 体（第二セシウム吸着装置吸着塔，第三セシウム吸着装置吸着塔，多核種除去設備処理カラム，高性能多核種除去設備吸着塔，RO濃縮水処理設備吸着塔）

※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の『Ⅰ．全体工程及びリスク評価について講ずべき措置』を踏まえ、水処理二次廃棄物の早期屋内保管による特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化のため、当面（2033 年度まで）はCクラスの地震力及びSクラスの静的地震力を適用し、使用済吸着塔等を保管する。

2. 45. 3 添付資料

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

可燃性気体の滞留防止及び崩壊熱の除去性能に関する説明書

1. 一般事項

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

なお、本説明書で述べる可燃性気体とは水素のことをいう。

2. 可燃性気体滞留防止評価

2.1 可燃性気体滞留防止評価の基本方針

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

2.2 可燃性気体滞留防止設計の方法

大型廃棄物保管庫の可燃性気体の滞留防止設計方法は、以下のとおりである。

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

2.3 可燃性気体滞留防止設計の前提条件

可燃性気体滞留防止設計に用いる前提条件は、以下のとおりである。

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

2.4 可燃性気体滞留防止の評価方法

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

- ・気体物性値
- ・給排気口の流入条件（圧力，流入組成，流入量等）

2.5 可燃性気体滞留防止の評価

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

2.6 可燃性気体滞留防止の評価モデル

図-1の評価配置図に大型廃棄物保管庫の吸着塔配置及び建屋形状を示す。

2.7 可燃性気体滞留防止評価結果

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

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

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

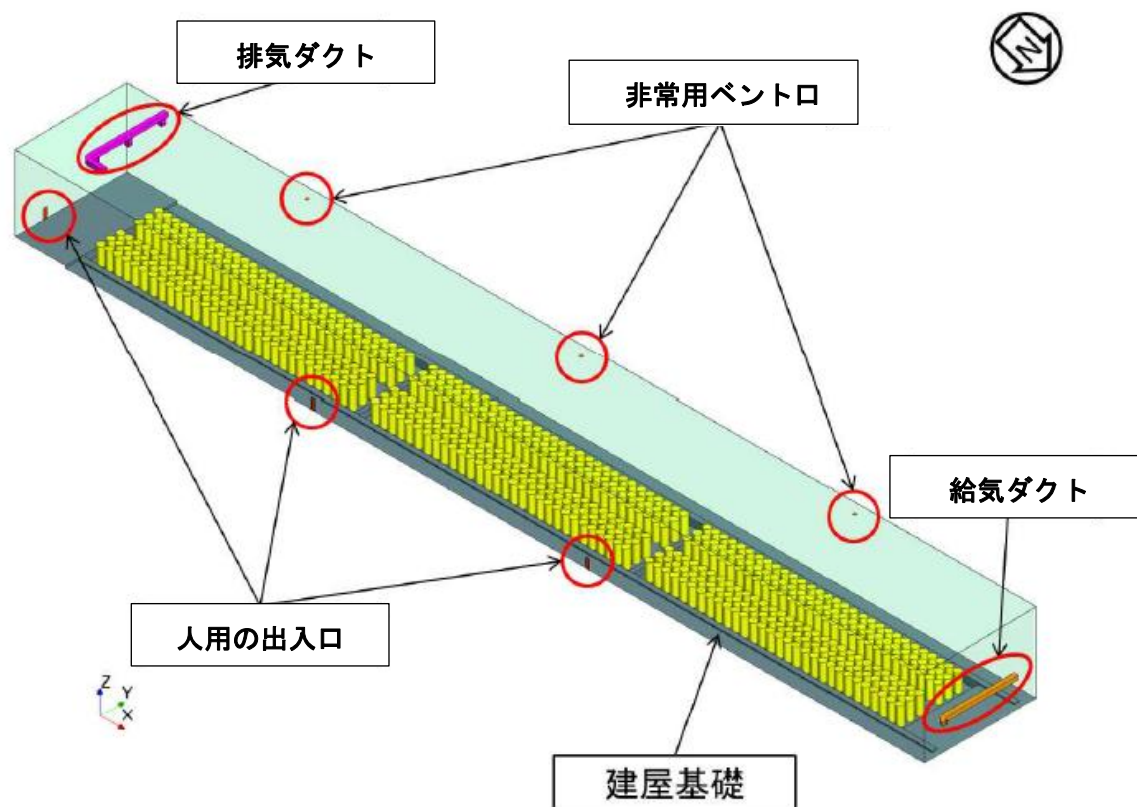


図-1 大型廃棄物保管庫の評価配置図

3. 崩壊熱の除去性に対する屋内保管化の影響評価

3.1 屋内保管化の影響評価の基本方針

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

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

3.2 屋内保管化の影響評価の前提条件

吸着塔の屋内保管化に伴う影響評価に用いる前提条件は、以下のとおりである。

- (1) 崩壊熱は、1～3号機炉心の2020年3月時点までの減衰を考慮して1～3号機炉心の総崩壊熱量を算出。ここに含まれるCs-137, Sr-90の寄与のうち処理(汚染水)に移行した分が全て吸着材に捕集されて大型廃棄物保管庫に保管されると想定する。算出した崩壊熱は保守的に100kWとして評価する。
- (2) 太陽光による入熱は、最も日射量が大きい夏至を想定して評価する。
- (3) 外気温度は、日中の最高温度40℃で評価する。
- (4) 建屋換気設備が停止し、かつ非常用ベントロ及び人用の出入口を開放せず、建屋内に外気が流入しない状態とする。
- (5) 吸着塔の中心温度は、実施計画Ⅱ.2.5「汚染水処理設備等」で評価された、外気温度40℃で470℃(評価対象：第二セシウム吸着装置同時吸着塔(TYPE-A))との評価を準用する。

3.3 屋内保管化の影響評価の方法

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

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

3.4 屋内保管化の影響評価の評価モデル

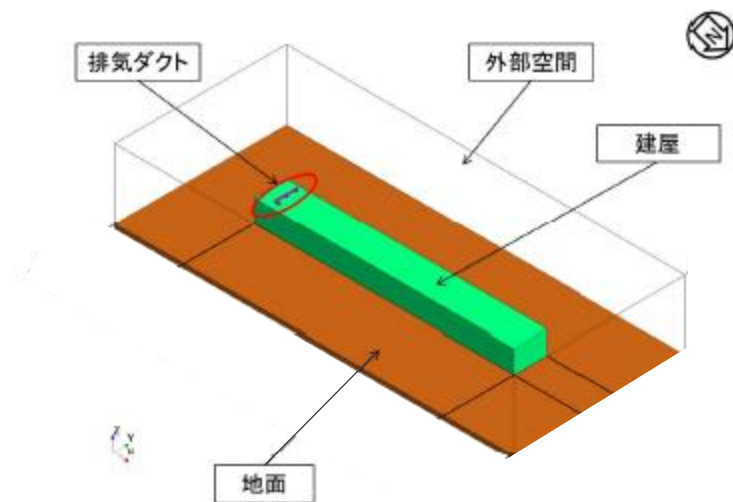
図-2～3に建屋内雰囲気温度の上昇を評価したモデルの形状を示す。

3.5 屋内保管化の影響の評価

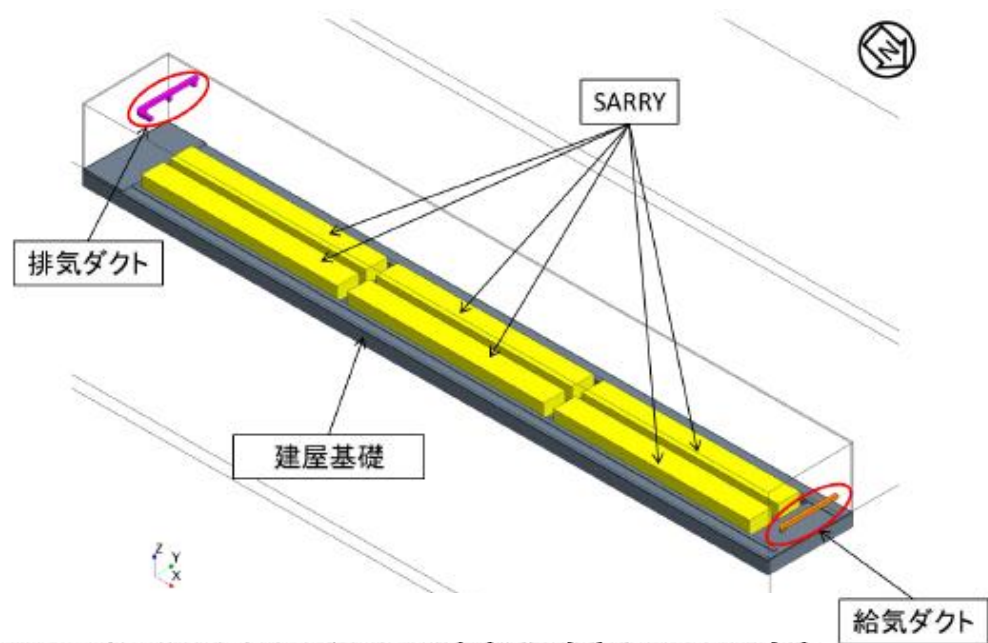
屋内保管化の影響評価は、3.3に示した入力条件を評価コードに入力して行う。

3.6 屋内保管化の影響の評価結果

換気設備の停止を想定すると、大型廃棄物保管庫内の最高温度は約 60℃と評価され、Ⅱ.2.5 汚染水処理設備等における評価条件 40℃に比べて約 20℃高くなる。この温度の上昇により吸着塔中心温度も従前の評価値 470℃に比べ 20℃上昇した 490℃となるが、吸着材の安定限界温度である 600℃を下回るため、安全上の問題はないことを確認した。



図ー2 評価モデル（全景）



図ー3 評価モデル（建屋詳細）

以上

大型廃棄物保管庫に係る確認事項

大型廃棄物保管庫の建屋の工事に係る確認事項を表－1に示す。

表－1 大型廃棄物保管庫の建屋の工事に係る確認事項

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

※建屋の耐震補強工事に伴う遮へい機能の再検査箇所は図－3に示す。

大型廃棄物保管庫の設備の工事に係る確認事項を表－2～6及び表－9に示す。

表－2 確認事項（貯蔵エリアの堰）

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

表－３ 確認事項（漏えい検出器及び警報装置）

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

表－４ 確認事項（送風機、排風機）

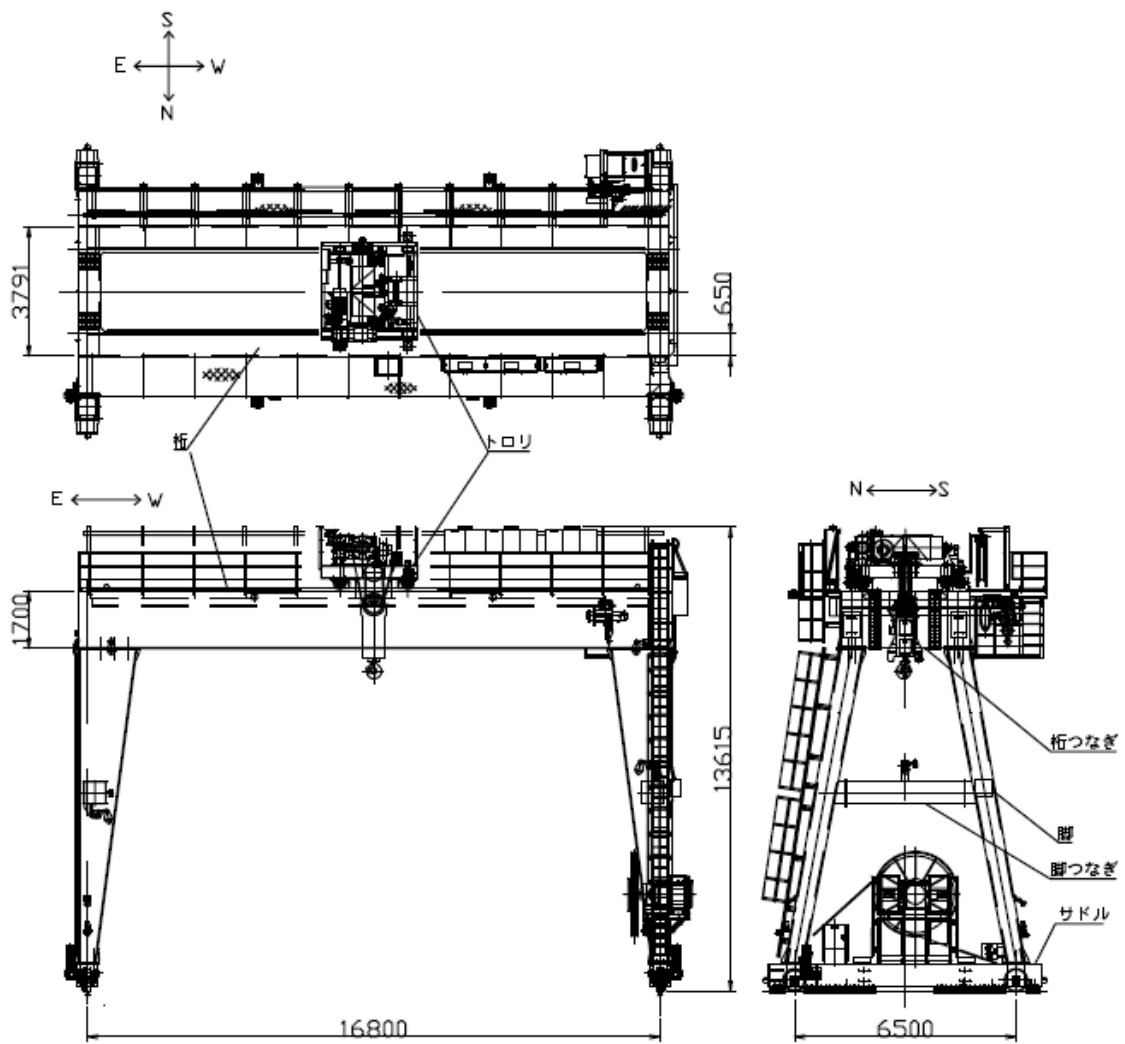
確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	外観上、傷・へこみ・変形の異常がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画に記載されている台数が施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	送風機、排風機の運転確認を行う。	実施計画に記載されている容量を満足すること。また、異音、異臭、振動の異常がないこと。

表－５ 確認事項（排気フィルタ）

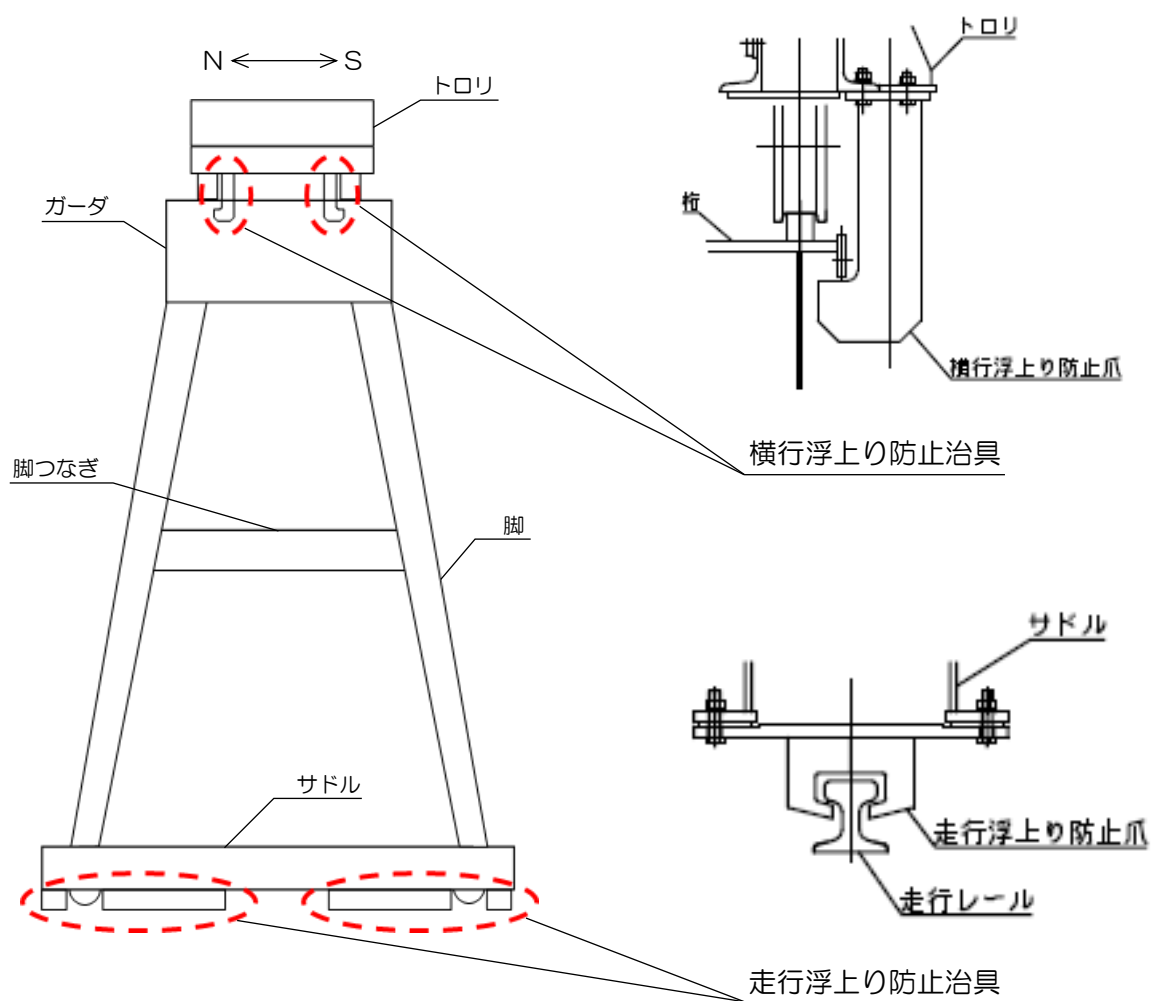
確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	外観上、傷・へこみ・変形の異常がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画に記載されている台数が施工・据付されていること。
性能	運転性能確認	定格容量での装置の状態を確認する。	実施計画に記載されている容量にて変形の異常がないこと。

表－6 確認事項（クレーン）

確認事項	確認項目		確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認		実施計画に記載されている主要部材の材質を確認する。	実施計画に記載の材料を使用していること。
	構造 確認	外観確認	組み立てた状態における外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
		寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	実施計画に記載の寸法が許容範囲内であること。
		据付確認	組み立てた状態における据付状態を確認する。	実施計画の通りに施工・据付がなされていること。
落下防止	機能確認		単一故障において吊荷を落下させないことを確認する。	動力源が喪失した場合においても定格荷重を保持し続ける構造であること。
				動力源断時に電動油圧押上機ブレーキで保持する構造であること。
				二重のワイヤロープで保持する構造であること。
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。	フックは外れ防止装置を有する構造であること。
				実施計画に記載されている定格荷重が吊り上げ可能なこと。
				横行，走行，巻き上げ，巻き下げが可能なこと。



図ー１ クレーン外形図



図ー 2 走行／横行浮上り防止治具外形図

表－7 主要部材一覧（クレーン）

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

表－８ 大型廃棄物保管庫の建屋の耐震補強工事に係る確認事項

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 および 耐震性	材料確認	コンクリートの圧縮強度を確認する。	コンクリートの強度が、実施計画に記載されている設計基準強度に対して、JASS 5N の基準を満足すること。
		鉄筋の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3112 に適合すること。
		鋼材の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3101, JIS G 3136 又は建築基準法第 37 条第二号に基づく国土交通大臣の認定に適合すること。
		トルシア型高力ボルト (S10T) , 高力六角ボルト (F10T) , 高力ボルト (F8T) の仕様を確認する。	JIS B 1186 又は建築基準法第 37 条第二号の規定に適合すること。
		既設基礎と新設基礎の接合部で使用する定着板 (S45C) の仕様を確認する。	JIS G 4051 に適合すること。
		アンカーボルトの材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3138 に適合すること。
	据付確認	鉄筋の径、間隔を確認する。	鉄筋の径、間隔が JASS 5N の基準を満足すること。
		鉄骨接合部 (図－４～６) の施工状況を確認する。	高力ボルトが所定の本数・種類であること。
		既設基礎と新設基礎の接合部の施工状況を確認する。	鉄筋の既存躯体側の定着長さが所定の値 20d 以上 (SD390 の D25 : 650mm, SD390 の D29 : 755mm) であること。
		アンカーボルトの埋め込み長さを確認する。	有効埋め込み長さが所定の値 (M56 : 1120mm) であり、かつボルトの余長はナット面から突き出た長さが 3 山以上であること。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 および 耐震性	外観確認	大型廃棄物保管庫の耐震補強部分の外観を確認する。	有害な欠陥がないこと。

改修する遮へい壁

改修する外壁

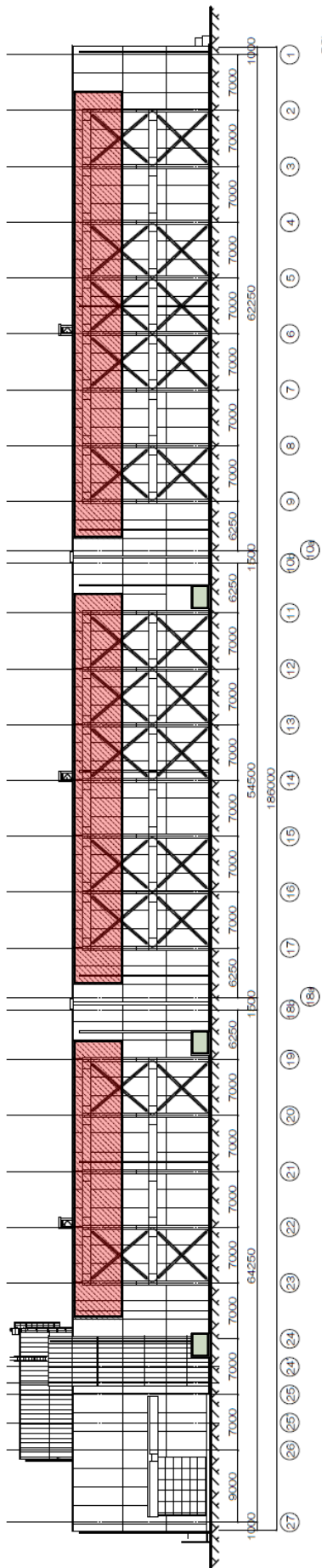
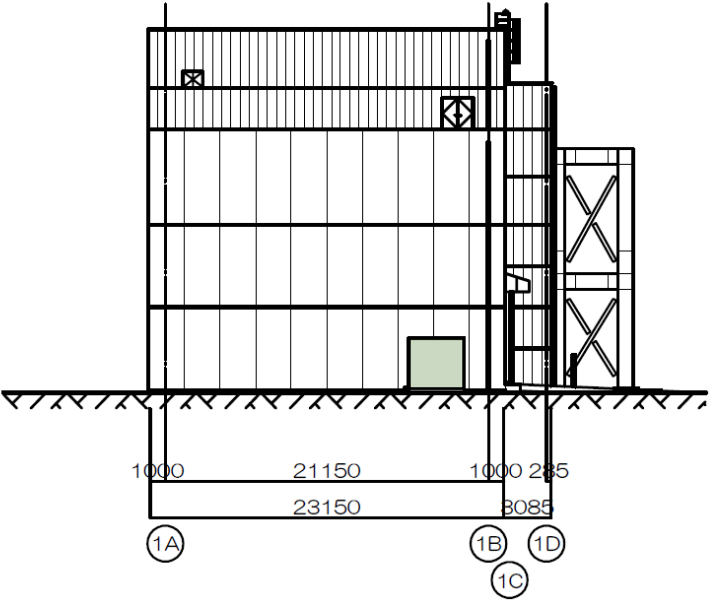
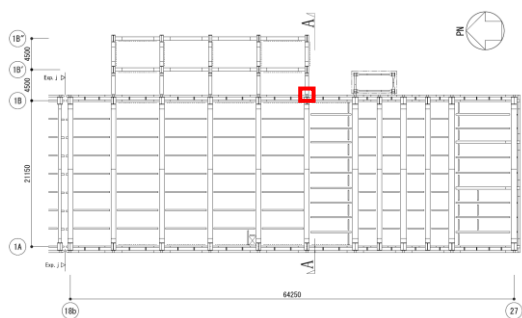


図-3-1 東側立面図 (単位：mm)

 改修する遮へい壁

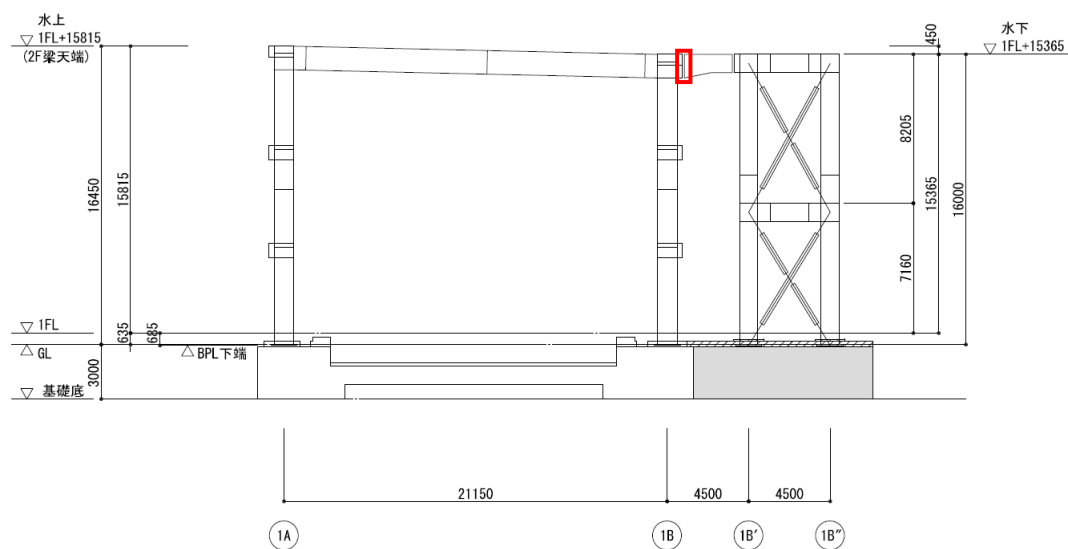


図－3－2 南側立面図（単位：mm）



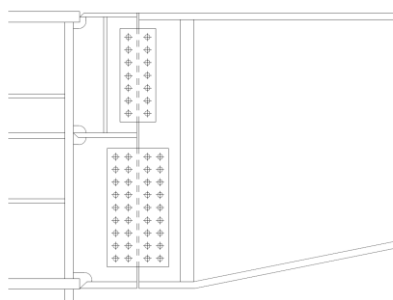
□ 最大応力発生箇所

2階キープラン



A-A 断面図

(1) 接合部位置 (耐震補強箇所 梁材最大応力発生箇所)

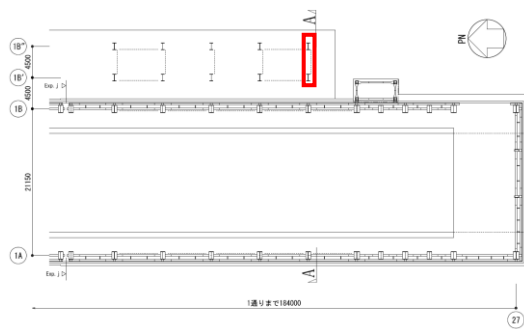


ボルト種類 : F10T M22 又は S10T M22

ボルト本数 : 25 本

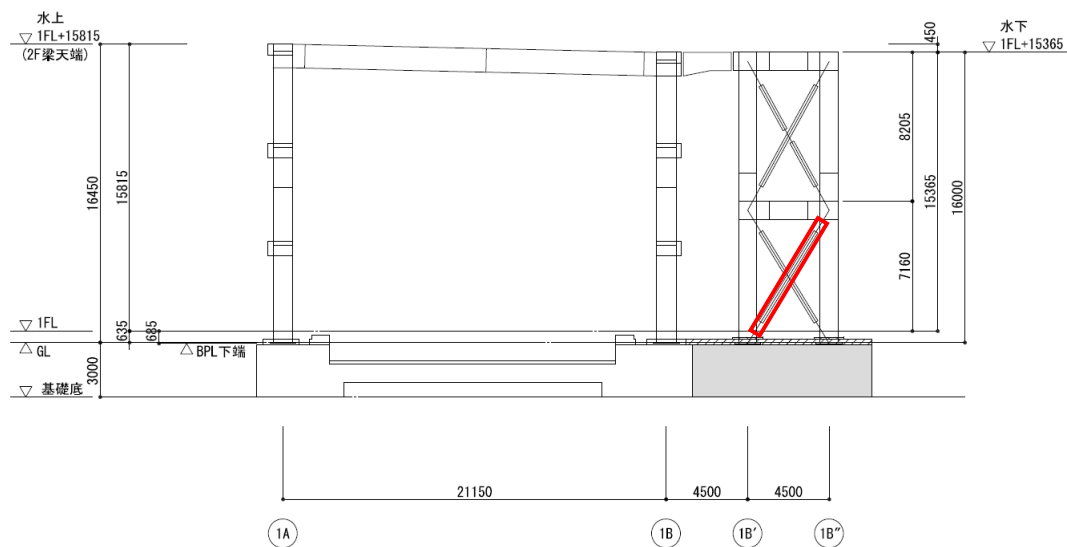
(2) 接合部詳細 (片側の構造材に取り付くボルト本数を記載)

図-4 接合部①



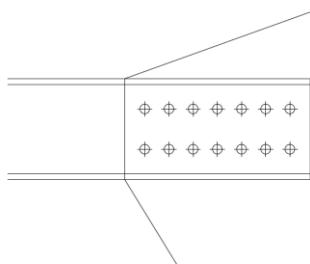
最大応力発生箇所

1 階キープラン

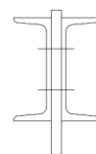


A-A 断面図

(1) 接合部位置 (耐震補強箇所 ブレース材最大応力発生箇所)



(a) 側面



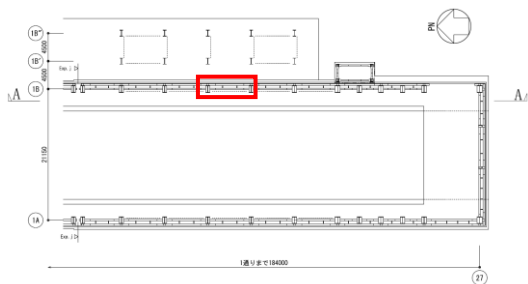
(b) 断面

ボルト種類 : F8T M24

ボルト本数 : 14 本

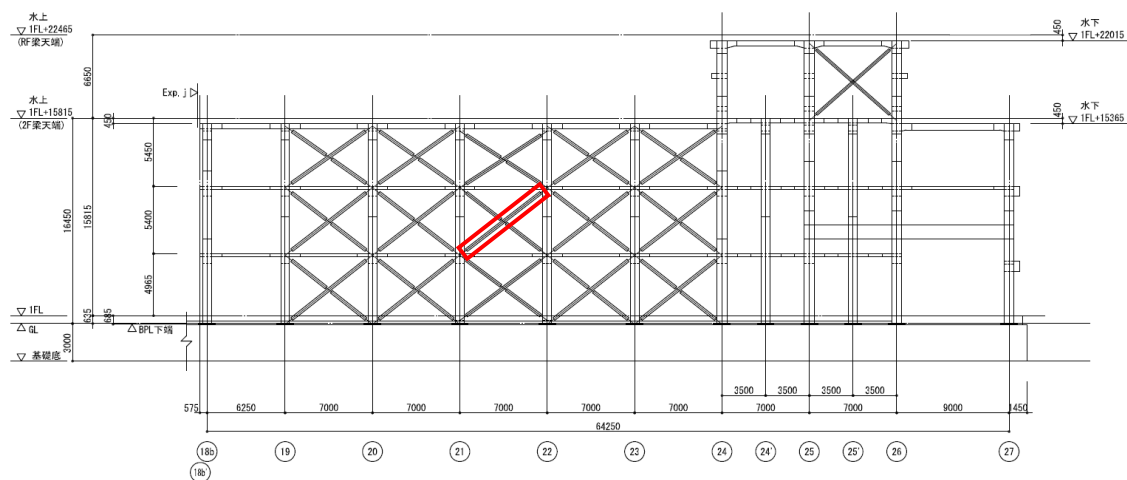
(2) 接合部詳細 (構造材に取り付くボルト本数を記載)

図-5 接合部②



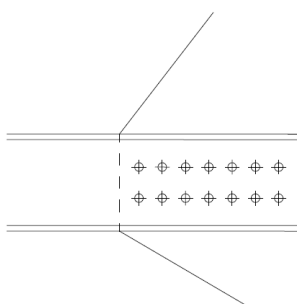
最大応力発生箇所

1 階キープラン

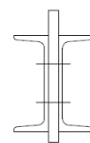


A-A 断面図 (1B 通り)

(1) 接合部位置 (耐震補強箇所 プレース材最大応力発生箇所)



(a) 側面



(b) 断面

ボルト種類: F10T M22 又は S10T M22

ボルト本数: 14 本

(2) 接合部詳細 (構造材に取り付くボルト本数を記載)

図-6 接合部③

表－9 確認事項（保管架台）

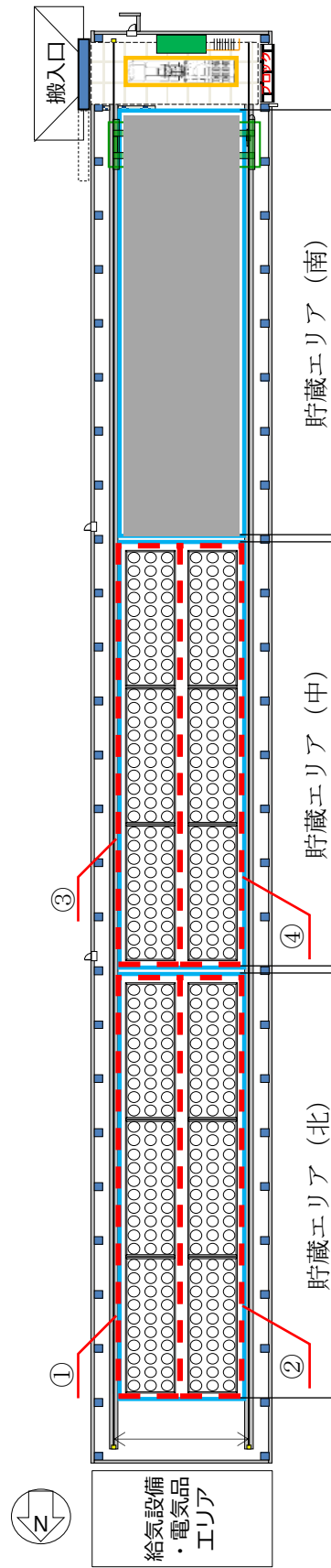
確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載されている主要部材の材質を確認する。	実施計画に記載の材料を使用していること。
		基礎ボルトについて、実施計画に記載されている材質を確認する。	実施計画に記載の材料を使用していること。
	外観確認	組み立てた状態における外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	実施計画に記載の寸法が許容範囲内であること。
		基礎ボルトについて、実施計画に記載されている呼び径であることを確認する。	寸法が許容範囲内であること。
		固定治具について、実施計画に記載され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。
性能	据付確認	組み立てた状態における据付状態を確認する。	実施計画の通りに施工・据付がなされていること。
		容量確認	実施計画に記載されている吸着塔保管容量を確認する。
			実施計画に記載されている吸着塔保管容量があること。

【貯蔵エリア容量】

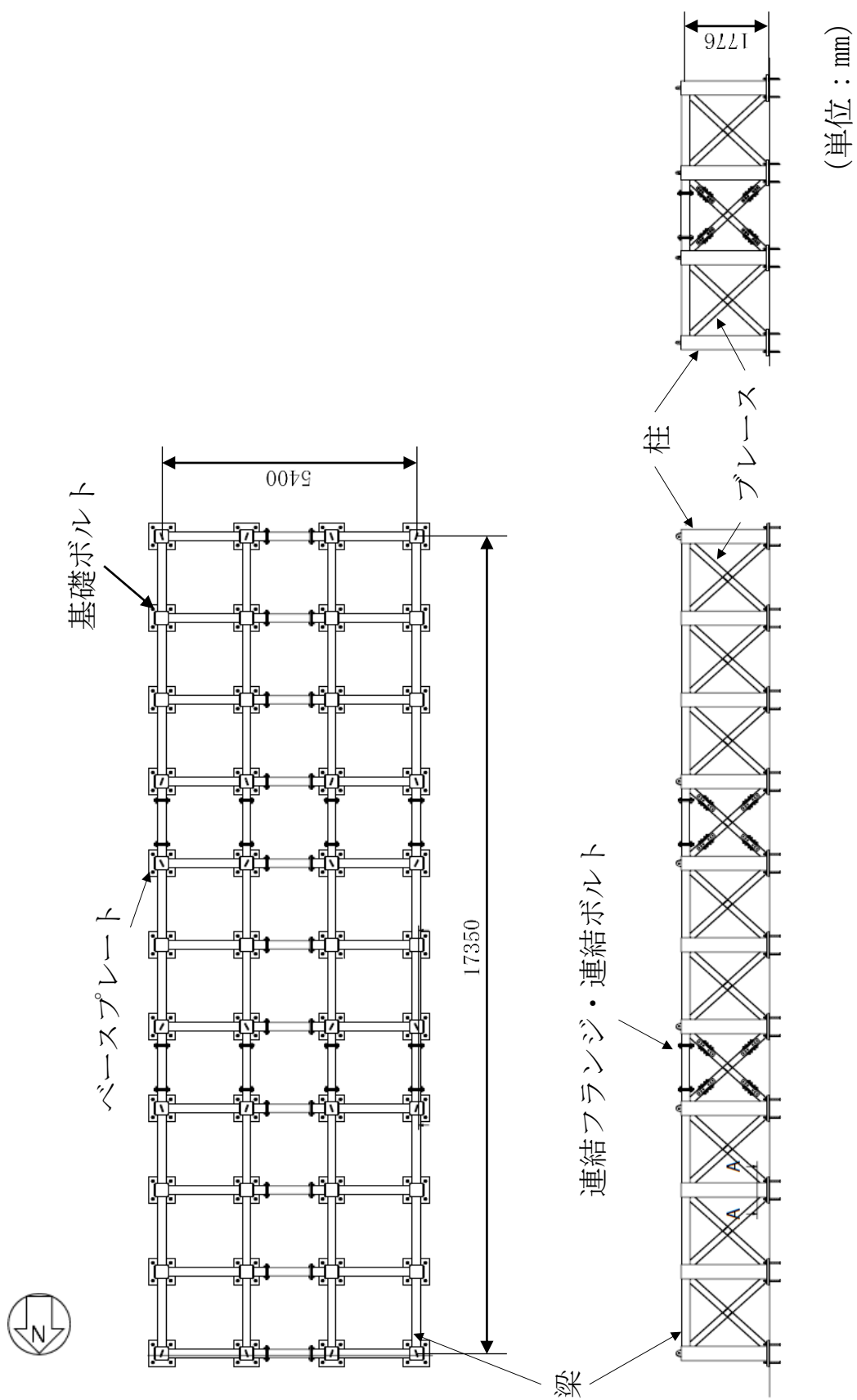
貯蔵エリア（北）：①東側 90 体＋②西側 90 体＝180 体

貯蔵エリア（中）：③東側 90 体＋④西側 90 体＝180 体

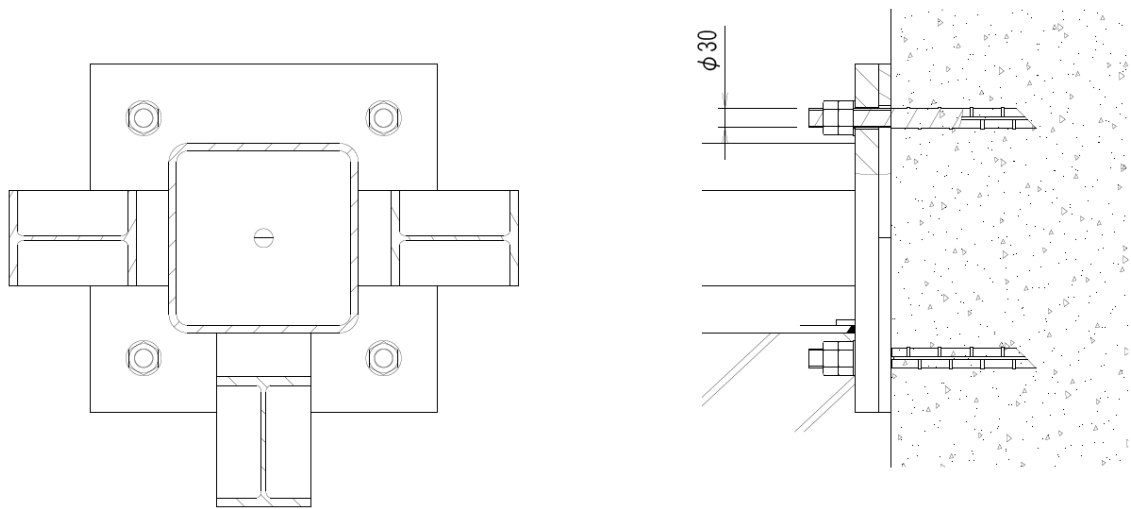
計：360 体



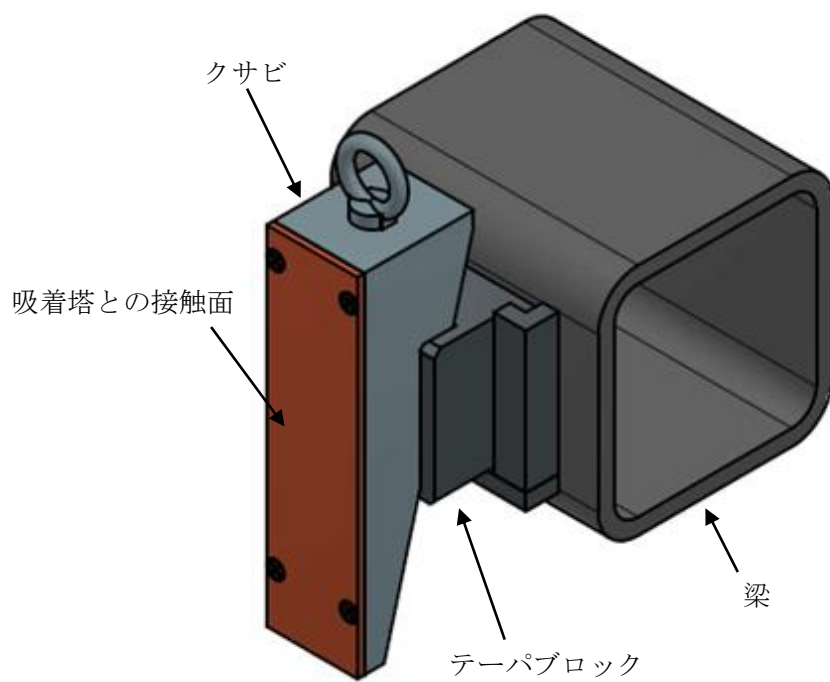
図一 7 大型廃棄物保管庫 平面図



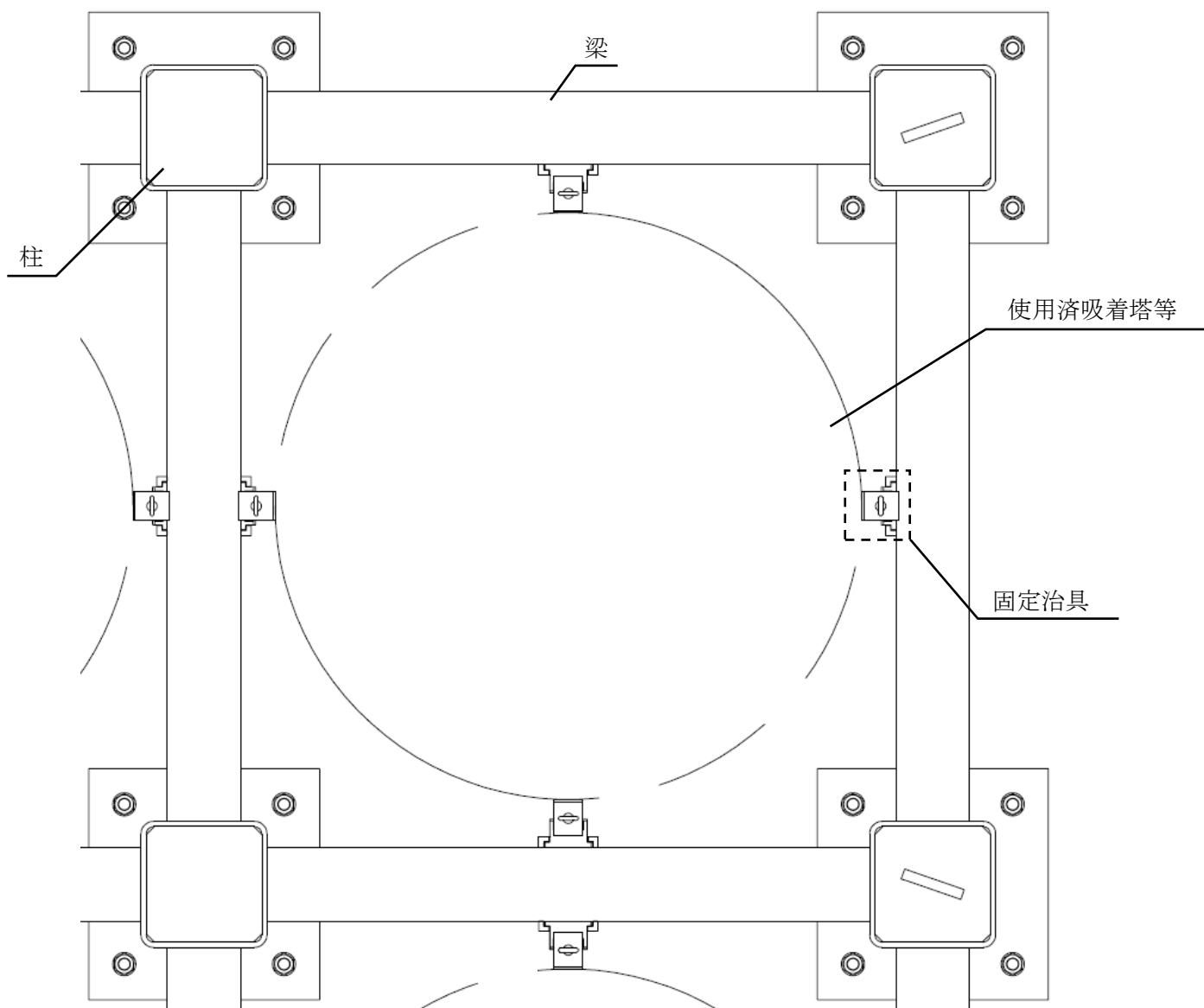
図ー8 保管架台外形図



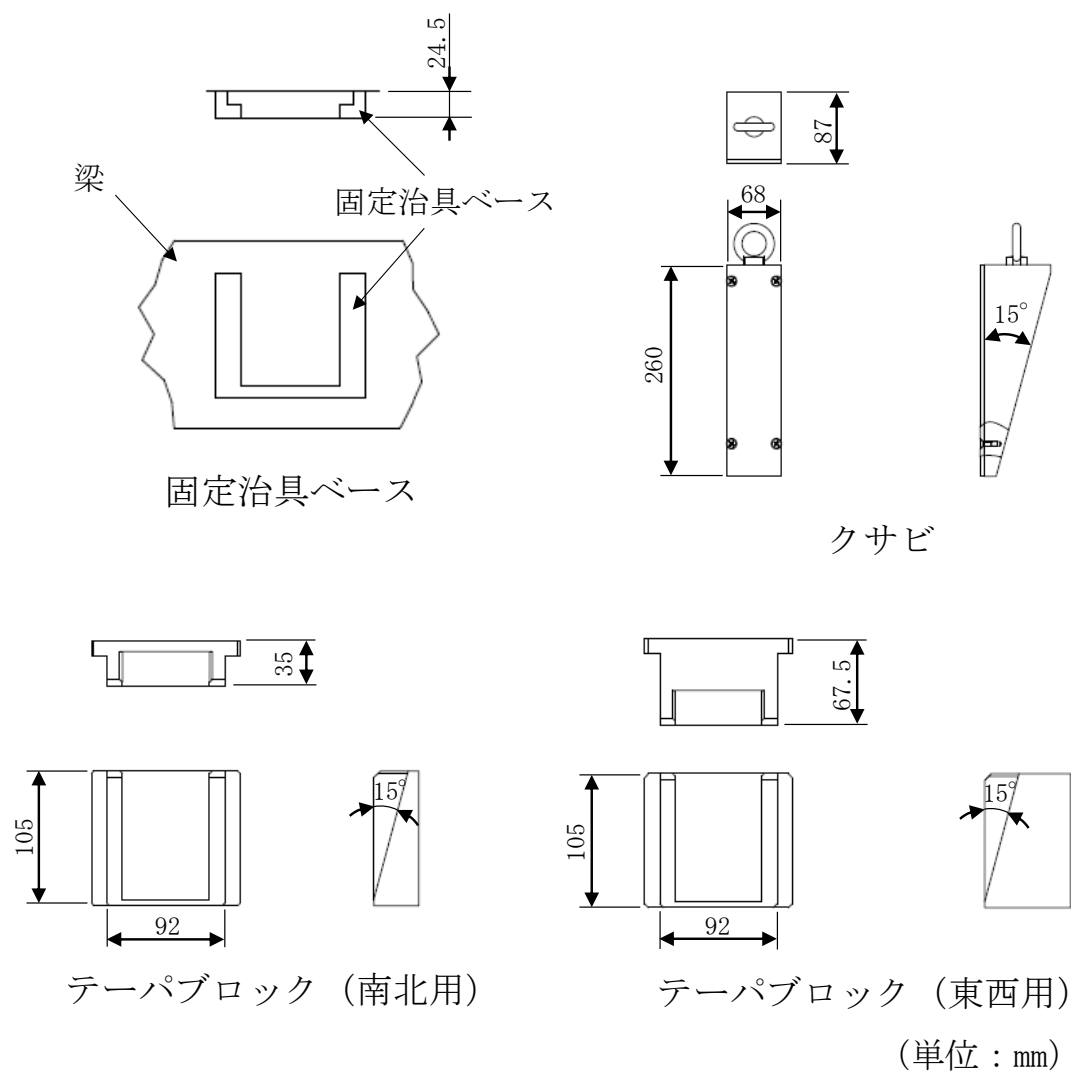
図－9 基礎ボルト概略図



図－10 固定治具組付け概要図



图一 1 1 固定治具据付概略图



図－１２ 固定治具外形図

表－１０ 主要部材一覧（保管架台）

機器	部位	使用材料
保管架台	梁	BCR295
	柱	BCR295
	ブレース	SN400B
	基礎ボルト	SD345

大型廃棄物保管庫設置工程

項 目	2019年												2020年												2021年											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
大型廃棄物保管庫 建屋設置工事																																				
換気設備、 電源・計装設備 設置工事																																				
クレーン 設置工事																																				
建屋耐震補強工事																																				
保管架台設置工事																																				

項 目	2022年												2023年												2024年												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
大型廃棄物保管庫 建屋設置工事																																					
	鉄骨・外装・屋根工事																																				
換気設備、 電源・計装設備 設置工事																																					
													機器設置工事																								
クレーン 設置工事																																					
																									クレーン設置工事												
建屋耐震補強工事																																					
																									建屋耐震補強工事												
保管架台設置工事																																					

項 目	2025年												2026年												2027年											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
大型廃棄物保管庫 建屋設置工事																																				
換気設備、 電源・計装設備 設置工事																																				
クレーン 設置工事																																				
建屋耐震補強工事																																				
	建屋耐震補強工事																																			
保管架台設置工事																																				

火災防護に関する説明書並びに消火設備の取付箇所を明示した図面

1. 火災防護に関する基本方針

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

2. 火災の発生防止

2.1 不燃性材料、難燃性材料の使用

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

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

2.2 発火性、引火性材料の予防措置

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

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

2.3 自然現象による火災発生防止

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

大型廃棄物保管庫は「添付資料－11 大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書」に従い設計を行い、破壊又は倒壊を防ぐことにより、火災発生を防止する設計とする。

3. 火災の検知及び消火

3.1 火災検出設備及び消火設備

火災検出設備及び消火設備は、大型廃棄物保管庫に対する火災の悪影響を限定し、早

期消火を行える消防法及び関係法令に基づいた設計とする。

(1) 火災検出設備

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

(2) 消火設備

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

3.2 自然現象に対する消火装置の性能維持

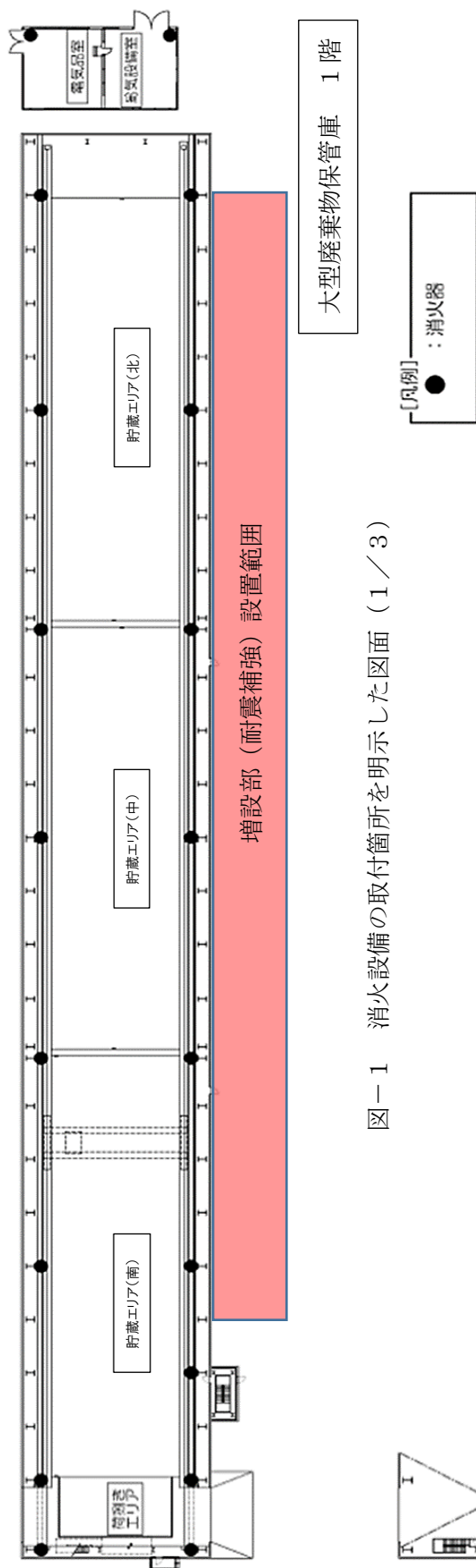
火災検出設備及び消火設備は地震等の自然現象によっても，その性能が著しく阻害されることがないように措置を講じる。消火設備は，消防法に基づいた設計とし，耐震設計は「添付資料－11 大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書」に基づいて適切に行う。

4. 火災の影響の軽減

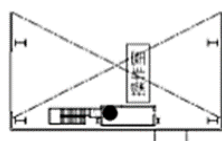
主要構造部の外壁は，建築基準法及び関係法令に基づき，必要な耐火性能を有する設計とする。

5. 消火設備の取付箇所を明示した図面

消火設備の取付箇所について，図－1 に示す。

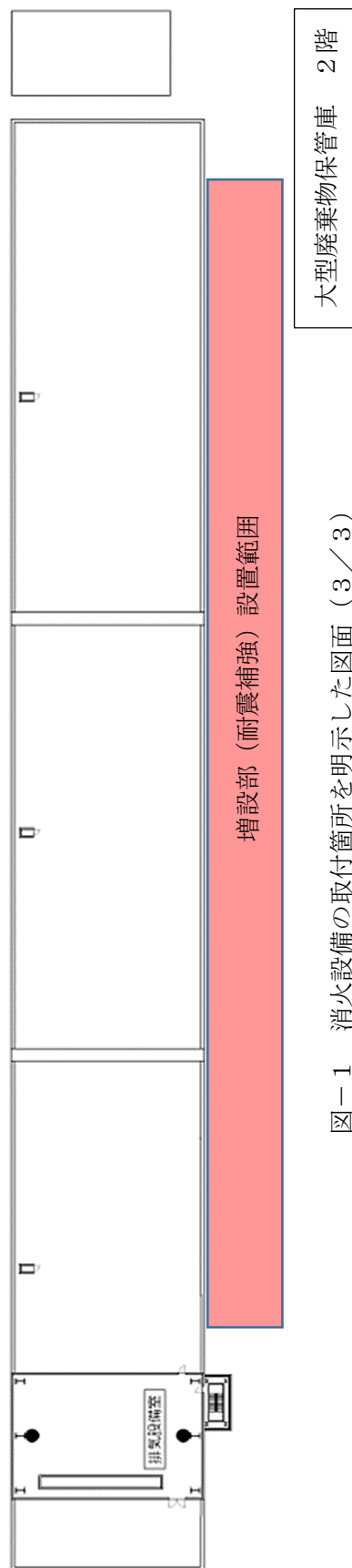


図一 1 消火設備の取付箇所を明示した図面 (1 / 3)



大型廃棄物保管庫 2 階

図一 1 消火設備の取付箇所を明示した図面 (2 / 3)



図一 1 消火設備の取付箇所を明示した図面 (3 / 3)

大型廃棄物保管庫内作業に係る作業者の被ばく線量低減対策について

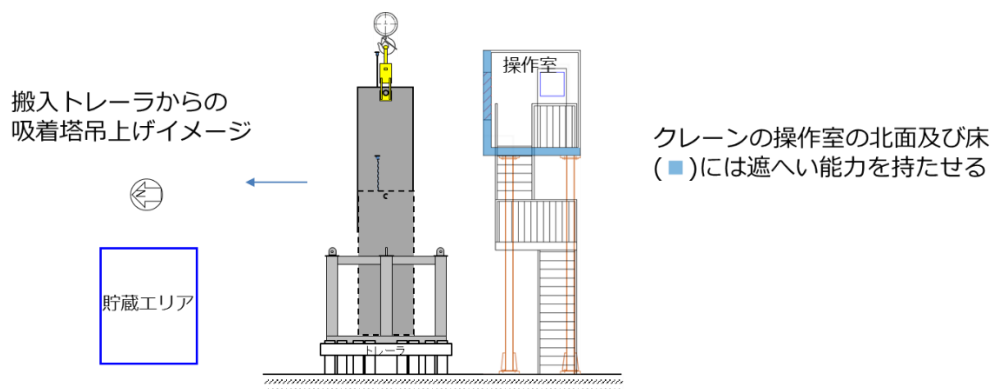
大型廃棄物保管庫内で行う作業に従事する作業者の被ばく線量低減のための対策を示す。

1. 基本方針

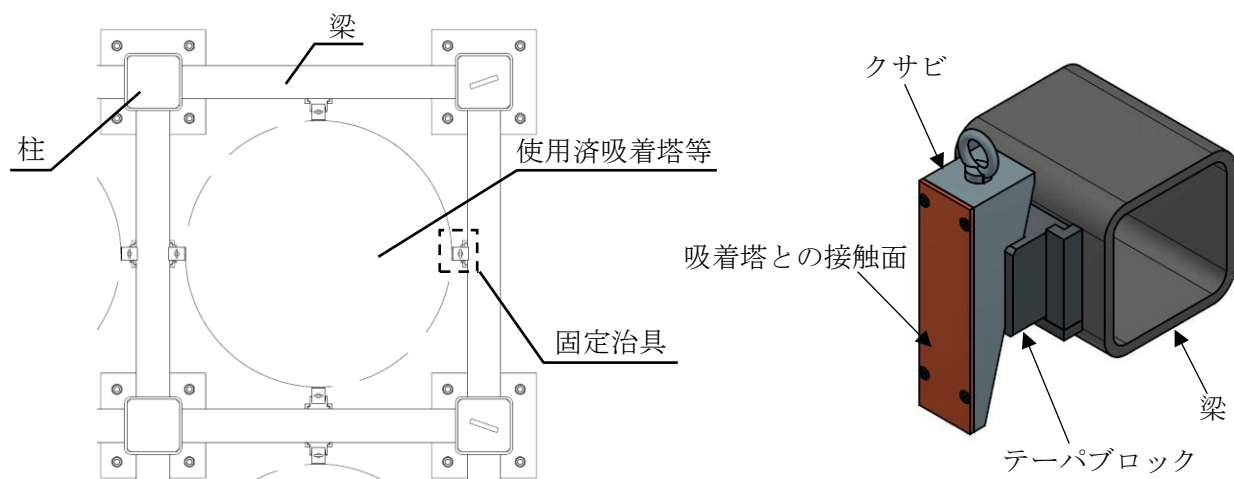
大型廃棄物保管庫内で行う主な作業である、保管庫への搬入・保管など使用済吸着塔等の取扱作業及び、貯蔵エリアの定期的な巡視を対象とする。

2. 使用済吸着塔等の取扱作業

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



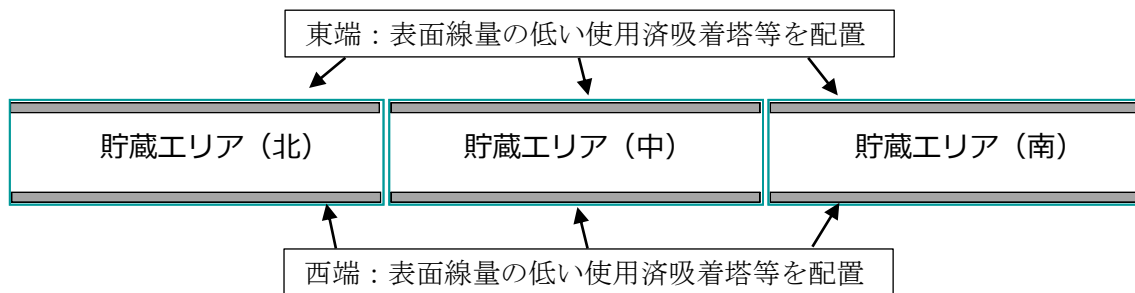
また、使用済吸着塔等と保管架台の固定作業における被ばく線量低減のため、クサビ型の固定治具を用いることで作業時間の短縮による作業者の被ばく低減を図る。



3. 巡視

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

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



大型廃棄物保管庫の耐震性に関する説明書

1. 概要

本説明書は、大型廃棄物保管庫の耐震設計が「特定原子力施設への指定に際し東京電力株式会社福島第一原子力発電所に対して求める措置を講ずべき事項について（2012 年 11 月 7 日原子力規制委員会決定。以下、「措置を講ずべき事項」という。）」のうち、「Ⅱ. 14. 設計上の考慮 ②自然現象（地震に限る。）に対する設計の考慮」に適合することを説明するものである。

2. 耐震設計の基本方針

2.1 基本方針

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

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

2.2 適用規格等

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

3. 耐震設計上の区分の設定方針

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

4. 弾性設計用地震動 S_d の設定方針

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

5. 設計用地震力

5.1 地震力の算定方法

耐震設計に用いる地震力の算定は以下の方法による。

(1) 静的地震力

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

a. 建物・構築物

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

Sクラス	3.0
B＋クラス及びBクラス	1.5
Cクラス	1.0

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

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

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

b. 機器・配管系

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

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

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

(2) 動的地震力

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

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

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

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

動的地震力は水平2方向及び鉛直方向について適切に組み合わせて算定する。

6. 機能維持の基本方針

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

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

7. 波及的影響に対する考慮

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

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

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

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

8. 別添

別添－1 大型廃棄物保管庫における耐震クラス及び適用する地震力の設定

別添－2 大型廃棄物保管庫クレーンの耐震性についての計算書

別添－3 大型廃棄物保管庫建屋の構造強度及び耐震性について

別添－4 大型廃棄物保管庫保管架台の耐震性についての計算書（静的地震力（水平： $3.6 C_i$ ，鉛直： $1.2 C_v$ ））

別添－5 使用済吸着塔等の耐震性についての計算書（静的地震力（水平： $3.6 C_i$ ，鉛直： $1.2 C_v$ ））

大型廃棄物保管庫における耐震クラス及び適用する地震力の設定

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

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

1. 公衆への被ばく影響を考慮した耐震クラス分類の整理

1.1 地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響

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

表1 地震により安全機能を失った際の公衆への被ばく影響

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

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

*2：大型廃棄物保管庫より最も近い評価点

1.2 現実的な緩和対策を考慮した公衆への被ばく影響

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

表2 現実的な緩和対策を考慮した公衆への被ばく影響

評価地点	敷地境界線量への影響 [μ Sv/事象]
No. 78	9.2

表3 大型廃棄物保管庫の耐震クラス分類

機器区分	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施設
				() 内は耐震クラス, 【 】 内は確認用地震動 ^{*2} を示す		
	(使用済吸着塔等)	・閉じ込め機能(液体, 固体) ・遮へい機能	S ^{注)1}	保管架台(S)	建屋(基礎)【S s】	建屋(屋根)【S s】 建屋(壁)【S s】 建屋(柱, 梁)【S s】 クレーン【S s】
大型廃棄物保管庫	建屋(屋根)	・遮へい機能	C	—	—	—
	建屋(壁)					
	建屋(柱, 梁)	—				
	建屋(基礎(堰))	・漏えい拡大防止機能 ・使用済吸着塔等の間接支持				
	クレーン	・(運搬機能)	C	機器の支持構造物(C)	建屋(基礎)【S c】	—
	換気設備	・(換気機能)	C		建屋(柱, 梁)【S c】	—
	非常用ベントロ	・水素の排出機能	C			—
	電源・計装設備	・(電源供給機能, 計測機能)	C			—

*1: 括弧内は設備の機能を示す。

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

注)1: 既設の使用済吸着塔等はBクラスで認可済

2. 施設・設備の特徴に応じた適用する地震力の設定

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

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

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

表4 大型廃棄物保管庫における施設・設備の特徴

項目	大型廃棄物保管庫の状況	備考
廃炉活動への影響	・屋外の一時保管施設で保管している使用済吸着塔等を屋内保管することで、周辺環境への汚染拡大防止、放射線影響軽減を図り、長期間、安定に保管すること目的として設置する建屋である ・現状、第二／第三セシウム吸着塔の保管用架台は、第一／第四施設に十分数が確保できているため、使用済吸着塔等の保管容量の逼迫リスクは低い（最大の発生量を考慮しても4年程度は屋外保管可能）が、大型廃棄物保管庫の運用開始が大幅に遅延した場合は影響あり ・使用済吸着塔等の屋外一時保管は、容器の腐食等による内包水あるいは吸着材の漏えいによる汚染拡大や放射線影響のリスクがあるため、早期に屋内保管へ移行する必要がある	・大型廃棄物保管庫を新設する場合、屋外保管の逼迫リスクが高まる。一方、既設の補強を行うことにより工程短縮が可能である
上位クラスへの波及的影響	・使用済吸着塔等への波及的影響が考えられるため、クレーンについて波及的影響を与えない耐震設計を実施済み	
供用期間	・長期間（使用済吸着塔等の最終処分までの間）	
設計の進捗状況	・クレーンはS d 4 5 0を考慮した耐震設計を実施済み ・保管架台はSクラスに適用する静的地震力（水平：3. 6 C i，鉛直：1. 2 C v）を考慮した耐震設計を実施する	
内包する液体の放射能量	・第二／第三セシウム吸着塔には1基あたり最大1. 65m³の内包水があるものと仮定しており、放射能濃度は10⁷Bq/L オーダーである ・基礎（堰）は、Cクラスの地震力で漏えい拡大防止機能が失われない設計とする ・基礎スラブは、S s 9 0 0で使用済吸着塔等の間接支持機能が失われない設計とする ・週1回のパトロールで使用済吸着塔等からの漏えいがないことを確認し、漏えいが確認された場合はふき取り等の対応を速やかに実施する	
施設・設備の特徴	・S s 9 0 0にてクレーンが使用済吸着塔等へ波及的影響を及ぼさないことを確認するまでは、貯蔵エリア（南）は使用しない ・使用済吸着塔等の格納作業でクレーンが動作する時間は、施設運用期間に比べ極めて短い ・クレーンの運搬ルートは、保管中の使用済吸着塔等の上を通過しないことを基本とし、通常停止位置（ホームポジション）が、保管中の使用済吸着塔等に干渉する位置ではない ・貯蔵エリア（北）（中）での保管では、使用済吸着塔等とクレーン通常停止位置の離隔が十分確保されている ・使用済吸着塔等を保管した後は、原則としてクレーンが通常停止位置（ホームポジション）から移動することはない ・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の『I. 全体工程及びリスク評価について講ずべき措置』を踏まえ、水処理二次廃棄物の早期屋内保管による特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化のため、当面（2033年度まで）はCクラスの地震力及びSクラスの静的地震力を適用し、使用済吸着塔等を保管する	

表 5 大型廃棄物保管庫に適用する地震力

機器 区分	設備名称	耐震 クラス	耐震上の具体的な要求事項	静的地震力	動的地震力※		
				弾性範囲	機能維持	弾性範囲	波及的影響
(使用済吸着塔等)		S 注)1,2	・ Sクラスの静的地震力で使用済吸着塔等が損傷せず，遮へい機能が失われないこと ・ Cクラスの地震力で使用済吸着塔等が損傷せず，遮へい機能が失われないこと	水平：3．6 C i 鉛直：1．2 C v 水平：1．2 C i 鉛直：－	－	－	－
大型廃棄物保管庫	建屋（屋根）	C (S s：波及的影響)	・ Cクラスの地震力で遮へい機能が失われないこと ・ S s 9 0 0 で倒壊等により，使用済吸着塔等を破損させないこと	水平：1．0 C i 鉛直：－	－	－	S s 9 0 0
	建屋（壁）						
	建屋（柱，梁）		－	水平：1．0 C i 鉛直：－	S s 9 0 0	－	－
	建屋（基礎（堰））	C (S s：間接支持)	・ 基礎（堰）は，Cクラスの地震力で漏えい拡大防止機能が失われないこと ・ 基礎スラブは，S s 9 0 0 で使用済吸着塔等の間接支持機能が失われないこと				
	保管架台	S 注)2	・ Sクラスの静的地震力で直接支持機能が失われないこと ・ Cクラスの地震力で使用済吸着塔等の直接支持機能が失われないこと	水平：3．6 C i 鉛直：1．2 C v 水平：1．2 C i 鉛直：－	－	－	－
	クレーン	C (S d：波及的影響)	・ Cクラスの地震力で運搬機能が失われないこと ・ S d 4 5 0 で倒壊等により，使用済吸着塔等を破損させないこと	水平：1．2 C i 鉛直：－	－	－	S d 4 5 0
	換気設備	C	・ Cクラスの地震力で換気機能が失われないこと	水平：1．2 C i 鉛直：－	－	－	－
	非常用ベントロ		・ Cクラスの地震力で水素の排出機能が失われないこと				
電源・計装設備	・ Cクラスの地震力で電源供給機能，計測機能が失われないこと						

※ 地震力の算定に際しては，水平 2 方向及び鉛直 1 方向の適切な組合せを行う。

注)1：既設の使用済吸着塔等はBクラスで認可済

注)2：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の『I．全体工程及びリスク評価について講ずべき措置』を踏まえ，水処理二次廃棄物の早期屋内保管による特定原子力施設全体のリスク低減及び最適化のため，当面（2033 年度まで）はCクラスの地震力及びSクラスの静的地震力を適用する。

別添-2

大型廃棄物保管庫クレーンの
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	II-2-45-添 11-13
2. 一般事項	II-2-45-添 11-13
2.1 配置概要	II-2-45-添 11-13
2.2 構造計画	II-2-45-添 11-14
2.3 評価方針	II-2-45-添 11-18
2.4 適用規格・基準等	II-2-45-添 11-19
2.5 評価に適用する確認用地震動	II-2-45-添 11-19
2.6 計算精度と数値の丸め方	II-2-45-添 11-19
3. 評価部位	II-2-45-添 11-20
4. 地震応答解析及び構造強度評価	II-2-45-添 11-20
4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法	II-2-45-添 11-20
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	II-2-45-添 11-21
4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	II-2-45-添 11-21
4.2.2 許容応力	II-2-45-添 11-21
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	II-2-45-添 11-23
4.3 解析モデル及び諸元	II-2-45-添 11-24
4.4 固有周期	II-2-45-添 11-27
4.5 設計用地震力	II-2-45-添 11-45
4.6 応力の評価	II-2-45-添 11-52
4.6.1 クレーン本体の応力評価	II-2-45-添 11-52
4.6.2 連結ボルトの応力評価	II-2-45-添 11-52
4.6.3 走行／横行浮上り防止治具の応力評価	II-2-45-添 11-53
4.6.3.1 走行／横行浮上り防止爪の応力評価	II-2-45-添 11-53
4.6.3.2 走行／横行浮上り防止爪取付ボルトの応力評価	II-2-45-添 11-53
4.6.4 走行レール取付部材の応力評価	II-2-45-添 11-53
4.6.4.1 走行レールクリップの応力評価	II-2-45-添 11-53
4.6.4.2 走行レール基礎ボルトの応力評価	II-2-45-添 11-53
4.6.5 ワイヤロープ及びフックの評価	II-2-45-添 11-54
4.6.6 応力の評価方法	II-2-45-添 11-54
5. 評価結果	II-2-45-添 11-55
6. 応力の計算方法	II-2-45-添 11-56
6.1 クレーン本体の応力	II-2-45-添 11-56
6.2 連結ボルトの応力	II-2-45-添 11-58
6.3 走行浮上り防止治具の応力	II-2-45-添 11-61

6.4	横行浮上り防止治具の応力		Ⅱ-2-45-添 11-66
6.5	走行レール取付部材の応力		Ⅱ-2-45-添 11-69
6.6	吊具の荷重計算方法		Ⅱ-2-45-添 11-71

1. 概要

大型廃棄物保管庫に設置するクレーンは、2021年9月8日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方（2022年11月16日及び2023年6月19日一部改訂）に基づき、耐震Cクラスとなるが、上位クラスである使用済吸着塔等に対して、波及的影響を及ぼさないことを確認する必要がある。

本資料は、クレーンが弾性設計用地震動Sd450に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、貯蔵エリアに保管された使用済吸着塔等に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 配置概要

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

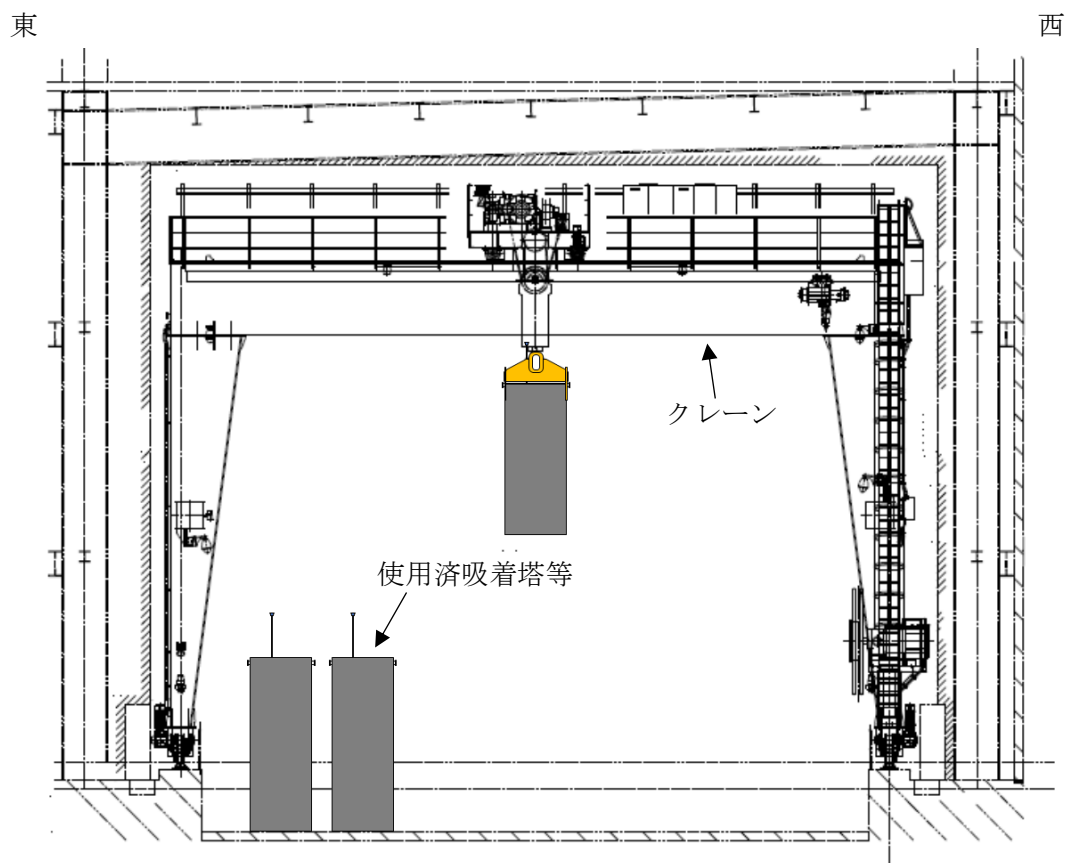
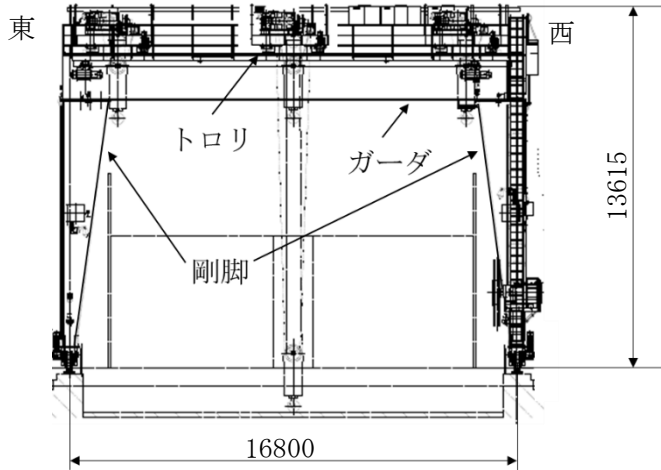
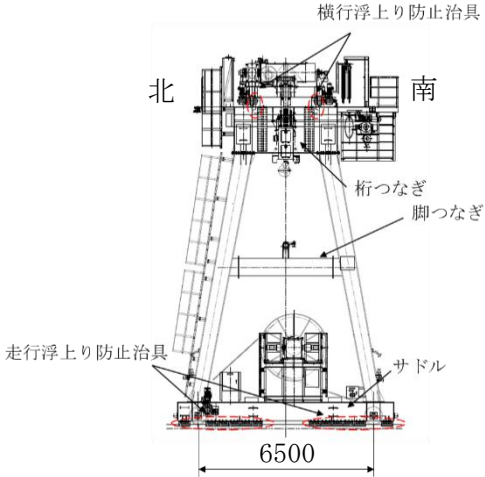


図 2-1 クレーンと使用済吸着塔等の位置関係図

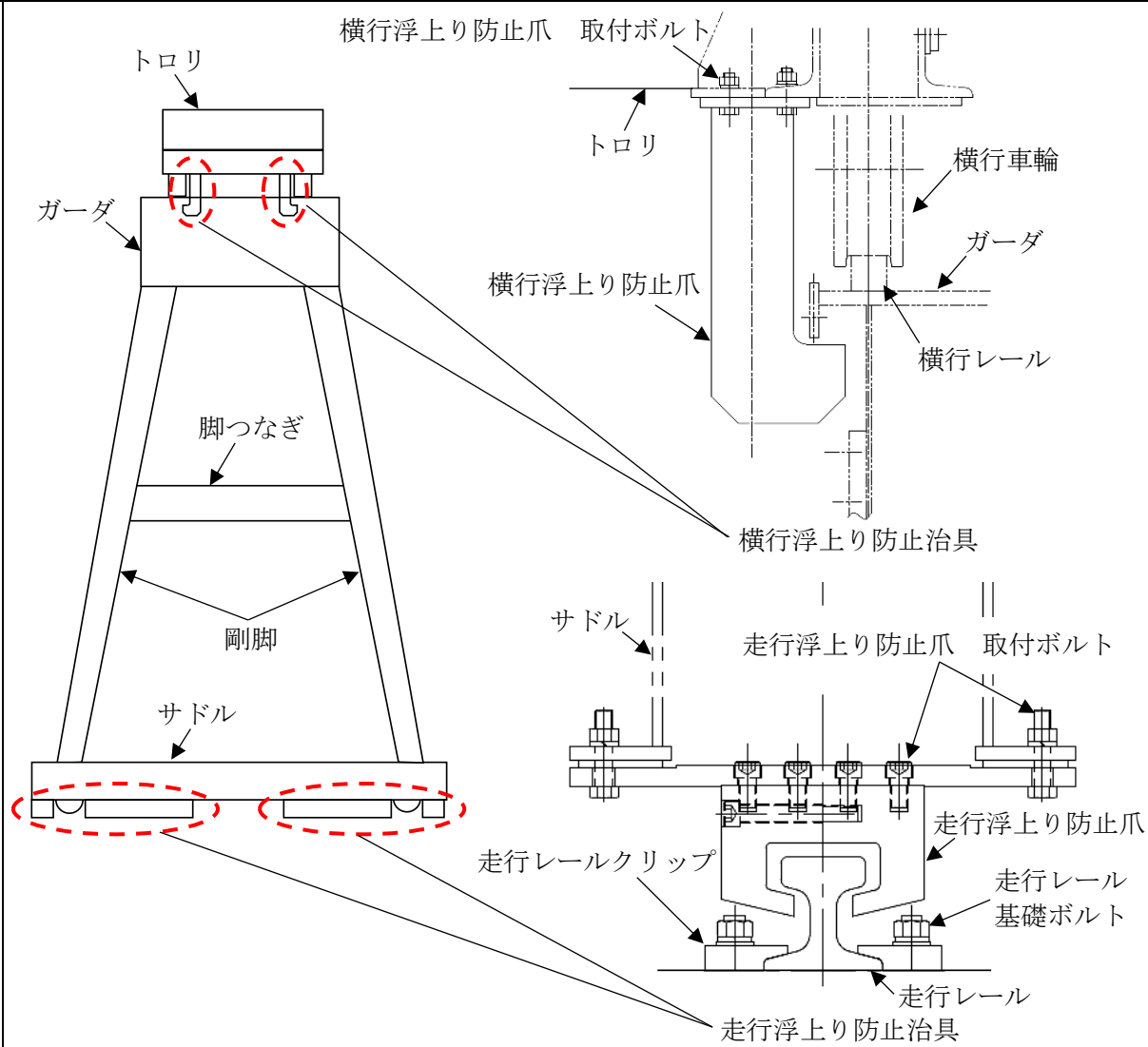
2.2 構造計画

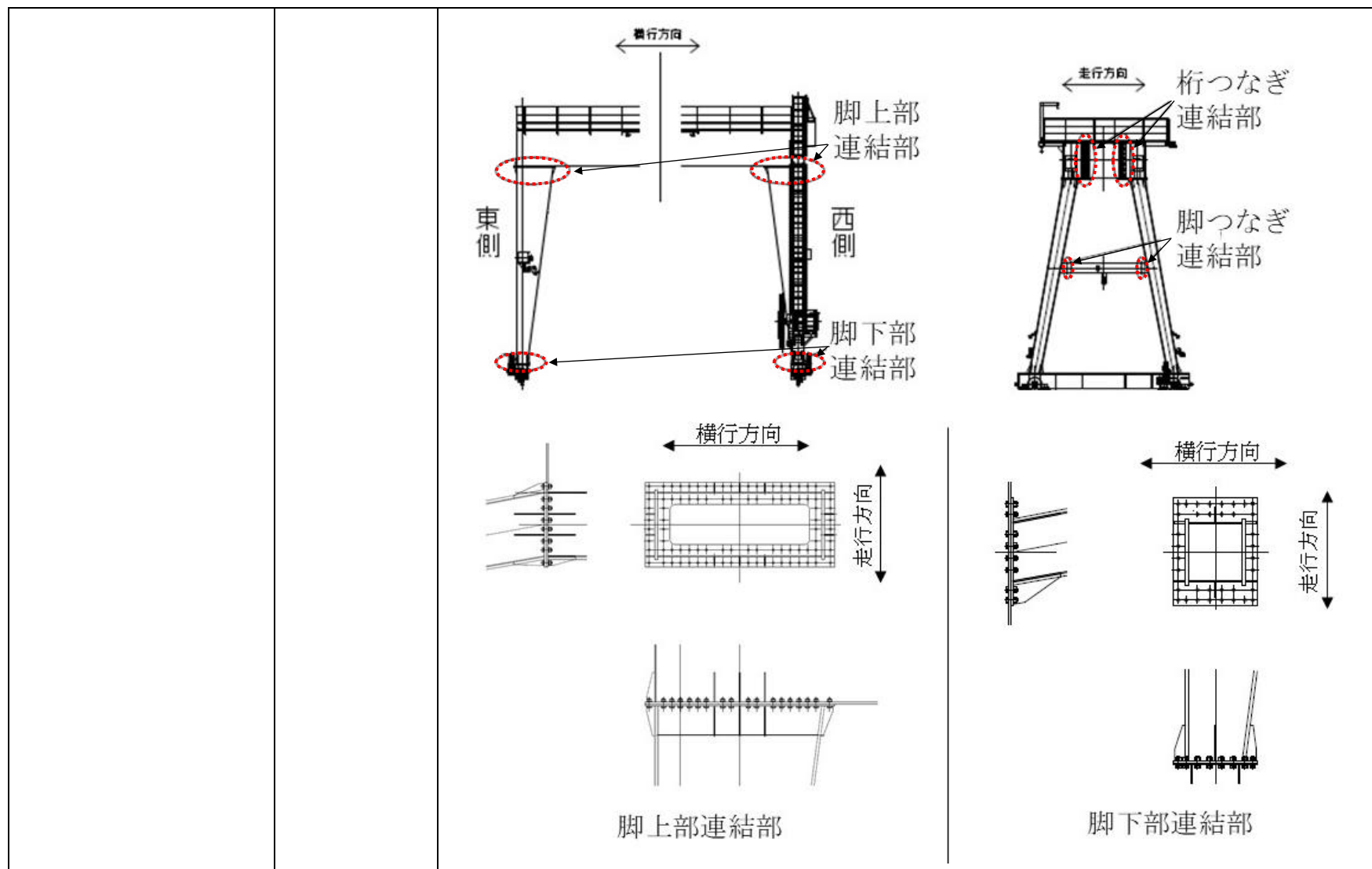
クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

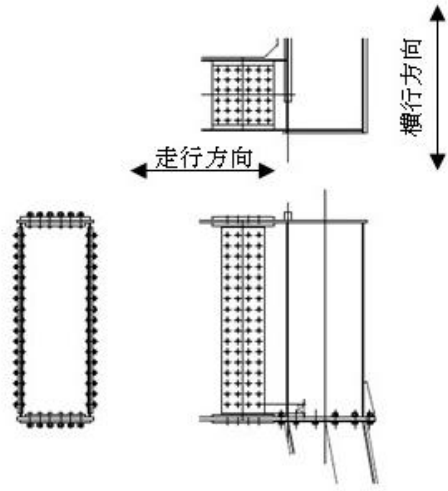
表 2-1 クレーンの構造計画

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

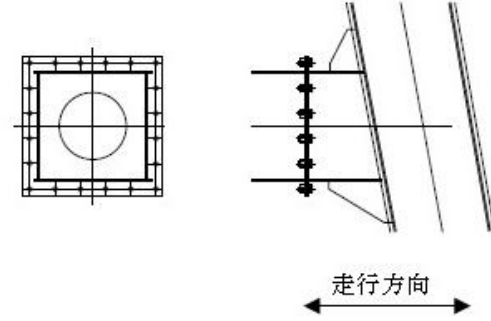
(単位 : mm)







桁つなぎ連結部



脚つなぎ連結部

2.3 評価方針

クレーンの応力評価は、「2.2 構造計画」にて示すクレーンの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく弾性設計用地震動 $S_d 450$ による応力等が、許容限界の範囲内に収まることを「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

クレーンの耐震評価フローを図 2-2 に示す。

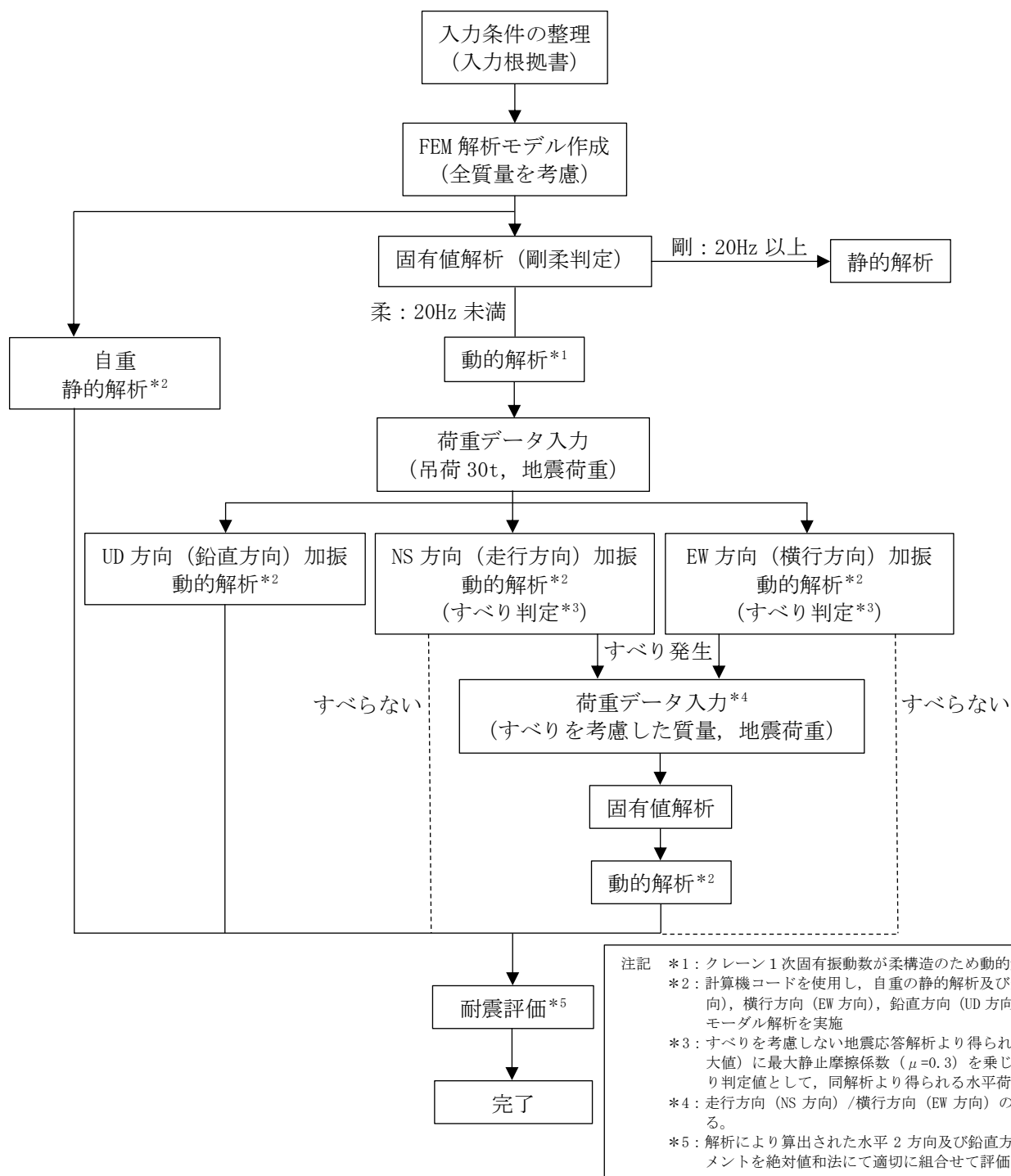


図 2-2 クレーンの耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む。)) J S M E S N C 1 - 2005/2007) ((社) 日本機械学会) (以下, 「設計・建設規格」という。)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984, J E A G 4 6 0 1 - 1987 及び J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版) ((社) 日本電気協会)
- ・日本産業規格 ((財) 日本規格協会) (以下, 「J I S」という。)
- ・鋼構造設計規準 ((社) 日本建築学会)
- ・クレーン耐震設計指針 (J C A S 1 1 0 1 - 2018) ((社) 日本クレーン協会)

2.5 評価に適用する確認用地震動

2021 年 9 月 8 日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方 (2022 年 11 月 16 日及び 2023 年 6 月 19 日一部改訂) を踏まえると, 本クレーンに適用する確認用地震動は S s 9 0 0 となるが, 以下の施設・設備の特徴を考慮すると, S s 9 0 0 に対する使用済吸着塔等への波及的影響は低いと見做すため, 確認用地震動は S d 4 5 0 とする。

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

2.6 計算精度と数値の丸め方

計算精度は, 有効数字 6 桁以上を確保する。

本資料で表示する数値の丸め方は, 表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
温度	℃	—	—	整数位
質量	t	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 ^{*2}
断面係数	mm ³	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 ^{*2}
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 ^{*2}
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁目 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*3}

注記 *1: 設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は, 小数点第 1 位表示とする。

*2: 絶対値が 1000 以上のときは, べき表示とする。

*3: 設計・建設規格 付録材料図表及び J I S に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は, 比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て, 整数位までの値とする。

3. 評価部位

クレーンの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、クレーンの倒壊や転倒、トロリの落下により、使用済吸着塔等が損傷することを防止するため、クレーン本体、連結ボルト、走行／横行浮上り防止治具、走行レール取付部材、吊具（ワイヤロープ及びフック）を対象に実施する。クレーンの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

4. 地震応答解析及び構造強度評価

4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) クレーン本体及びトロリは、各々走行レール及び横行レール上に載っているため、地震時は走行／横行方向に対して、水平方向の荷重が最大静止摩擦力を上回る場合に車輪－レール間ですべりが発生する。

- (2) クレーン及びトロリの車輪は各々4個であり、そのうち各々2個は駆動輪であり、他の2個は従動輪である。

駆動輪は、電動機及び減速機等の回転部分と連結されているため、地震の加速度を車輪部に入れると回転部分は追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加えられた場合、すべりを生じる。

従動輪は回転部分が連結されていないため、駆動輪のみで水平力を受ける。

- (3) 最大静止摩擦力以上の力が加われば、車輪－レール間ですべりが発生する。最大静止摩擦係数を $\mu=0.3$ とすると、すべりが発生する水平荷重（すべり判定値）は、クレーン及びトロリの車輪の数と駆動輪の関係から以下に示す式から求められる。

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

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

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

- (4) すべりを考慮した荷重は、以下のとおり算定する。

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

- ① すべりを考慮しない地震応答解析より得られる鉛直荷重（最大値）に最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた摩擦力をすべり判定値として、同解析より得られる水平荷重と比較する。
- ② 判定値を超える場合、NS 方向（走行方向）は全体質量に最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量、EW 方向（横行方向）はトロリ（吊荷含む）の質量のみ最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量にて再度固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。

今回の評価においては、すべり判定の結果、すべることが確認されていることから、すべりを考慮した解析モデルにて地震応答解析を行う。

- (5) 表 4-1 に示すケースにて吊荷質量を考慮した評価を実施する。

表 4-1 評価ケース

評価対象		クレーン本体，連結ボルト，走行／横行浮上り防止治具，走行レール取付部材，吊具（ワイヤロープ及びフック）					
評価ケース No.		1	2	3	4	5	6
トロリ位置	中央	●			○		
	東側		●			○	
	西側			●			○

●：吊荷有 ○：吊荷無

- (6) 地震応答解析手法は，スペクトルモーダル解析及び静的解析を用いるものとし，3 方向（NS，EW，UD）それぞれの解析にて求められた水平 2 方向と鉛直方向の力及びモーメントを絶対値和法にて組合せ，応力評価を実施する。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

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

4.2.2 許容応力

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

表 4-2 荷重の組合せ及び供用状態

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

表 4-3 許容応力（その他の支持構造物）

供用状態	許容限界 (ボルト以外)				許容限界 (ボルト等)	
	1 次応力				1 次応力	
	引張	圧縮	曲げ	せん断	引張	せん断
D s	$1.5f_t^*$	$1.5f_c^*$	$1.5f_b^*$	$1.5f_s^*$	$1.5f_t^*$	$1.5f_s^*$

注) 応力の組合せが考えられる場合は，組合せ応力に対しても評価を行う。

【記号の説明】

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

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用材料の許容応力評価条件を表 4-4 に示す。

表 4-4(1) 許容応力評価条件

部材名		材料	周囲環境温度 (°C)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	min(1.2S _y , 0.7S _u) (MPa)
クレーン本体		SM570 ^{*1} (16mm < t ≤ 40mm)	54			
連結ボルト		F10T ^{*2}	54			
		S10T ^{*2}	54			
走行浮上り 防止治具	爪	SS400 ^{*1} (100mm < t)	54			
	取付 ボルト	12.9T ^{*2}	54			
		8.8T ^{*2}	54			
横行浮上り 防止治具	爪	SM570 ^{*1} (16mm < t ≤ 40mm)	54			
	取付 ボルト	12.9T ^{*2}	54			
走行レール 取付部材	レール クリップ	FCD450 ^{*2}	54			
		SS400 ^{*1} (16mm < t ≤ 40mm)	54			
	基礎 ボルト	SS400 ^{*1} (16mm < t ≤ 40mm)	54			

注記 *1 : S_y 値・S_u 値は設計・建設規格 付録材料表 Part5 表 8 及び表 9 に記載の値より算出

*2 : S_y 値・S_u 値は J I S 記載値より算出

表 4-4(2) 許容応力評価条件

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

注記 *1 : ワイヤロープの安全率はクレーン構造規格による。

*2 : フックの安全率はクレーン等安全規則による。

4.3 解析モデル及び諸元

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

- (1) クレーンの鋼材は、断面形状に基づき断面特性を設定した 3 次元梁モデルとする。
- (2) ガーダ上のトロリ位置は、中央及び両端部にある場合の 3 モデルを作成。
- (3) クレーンの質量として、クレーン本体、トロリ（吊荷含む）を考慮するが、すべり判定の結果、すべることが確認された場合は、以下の通りすべりを考慮した荷重を算定する。なお、鉛直方向の荷重は、すべりが発生しないことを踏まえ、全体質量にて固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。
 - ① すべりを考慮しない地震応答解析より得られる鉛直荷重（最大値）に最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた摩擦力をすべり判定値として、同解析より得られる水平荷重と比較する。
 - ② 判定値を超える場合、NS 方向（走行方向）は全体質量に最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量、EW 方向（横行方向）はトロリ（吊荷含む）の質量のみ最大静止摩擦係数（ $\mu=0.3$ ）を乗じた質量にて再度固有値解析及び地震応答解析を行い算定する。今回の評価においては、すべり判定の結果、すべることが確認されていることから、すべりを考慮した解析モデルにて地震応答解析を行う。
- (4) トロリの質量は、吊荷の重量や高さによって重心位置が変動するためトロリ中心の頂部に設定し、吊荷はガーダ中心高さと同じレベルでトロリに吊られていると仮定しモデル化する。なお、吊荷の振れは評価上考慮しない。
- (5) クレーンに付属する構造物（補巻用レール、梯子等）の質量は見込むが、強度メンバには含めない。
- (6) 解析モデルを強制運動加振させるに当たり、大質量法を用いるものとし、モデル化している構造の全体質量に対して十分大きな質量（大質量 M）を仮想的に定義し、加振部位である走行駆動輪及び走行従動輪へ剛体結合する。
- (7) 拘束条件として、クレーンは走行駆動輪により NS（走行方向）・EW（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束し、走行従動輪にて EW（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束する。また、トロリは横行駆動輪により NS（走行方向）・EW（横行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束し、横行従動輪にて NS（走行方向）・UD（鉛直方向）方向を拘束する。
- (8) 解析コードは、「N A S T R A N」を使用し、固有値及び荷重を求める。

表 4-5 機器諸元 (質量)

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

表 4-6 クレーン本体部材機器諸元 (断面特性)

部材名	縦弾性 係数	断面積	せん断断面積		断面係数		ねじり断面係数		ポアソン比
	E (MPa)	A ₁ (mm ²)	A ₂ (mm ²)	A ₃ (mm ²)	Z ₁ (mm ³)	Z ₂ (mm ³)	Zp ₁ (mm ³)	Zp ₂ (mm ³)	ν (-)
ガーダ									
桁つなぎ									
脚上部									
脚下部									
脚つなぎ									
サドル									

表 4-7 ボルトの諸元

名称	型式	断面積
		(mm 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	M24	452
走行レール基礎ボルト	M24	452

4.4 固有周期

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

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

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.189	0.00	-18.21	0.01
2 次	0.145	-17.24	0.00	-0.02
3 次	0.072	0.19	-0.01	-0.04
4 次	0.055	0.12	0.72	13.11

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

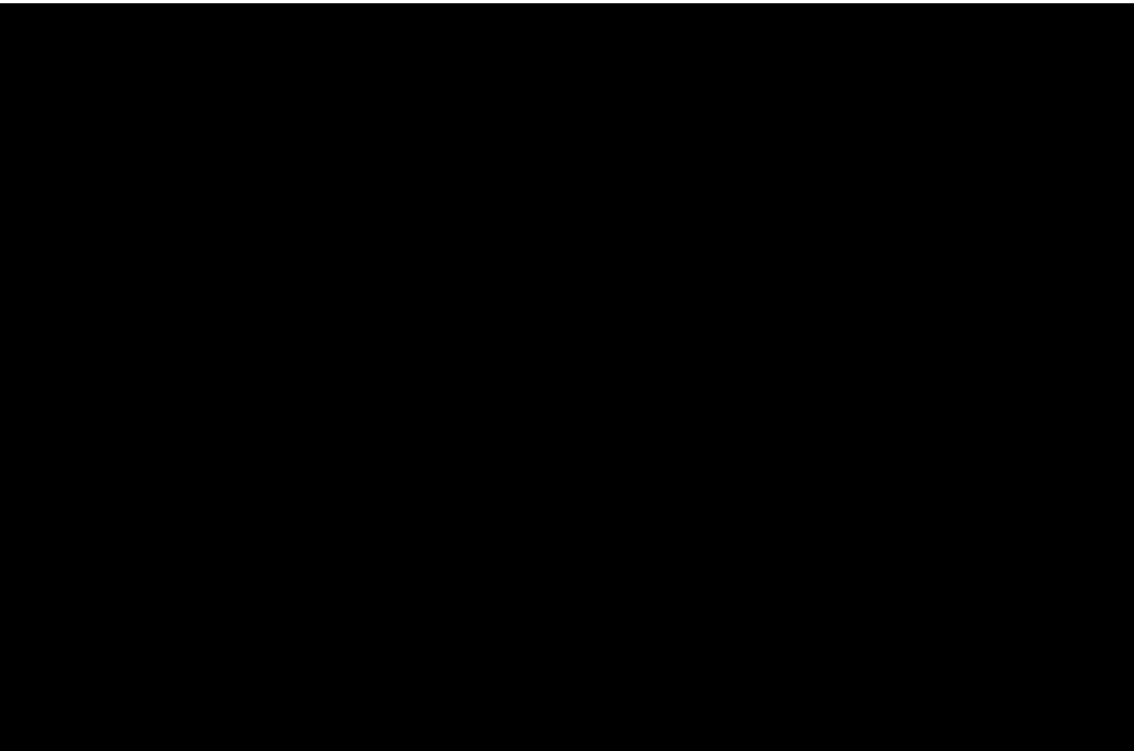


図 4-2(1) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：NS 方向））

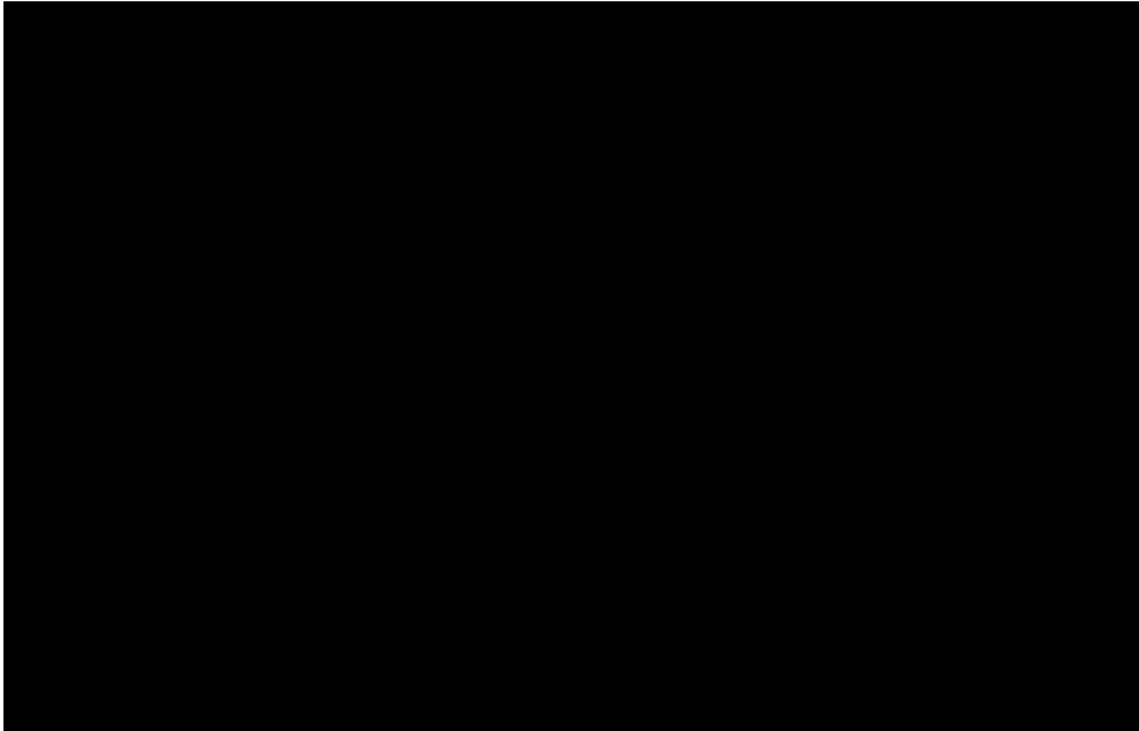


図 4-2(2) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))

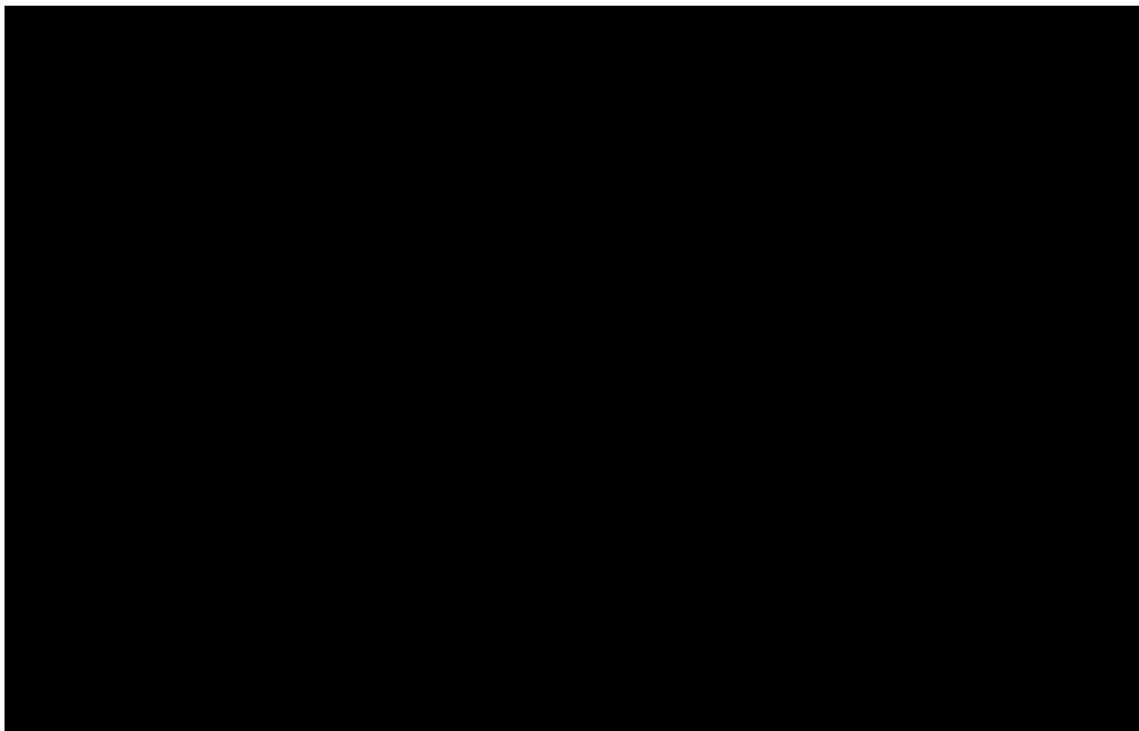


図 4-2(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : NS 方向))

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.295	0.00	-28.74	0.02
2 次	0.210	27.30	-0.01	0.02
3 次	0.131	0.07	0.01	0.07
4 次	0.093	-0.03	3.40	2.46
5 次	0.085	-6.84	-0.02	-0.24
6 次	0.073	-0.12	-0.52	19.69

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

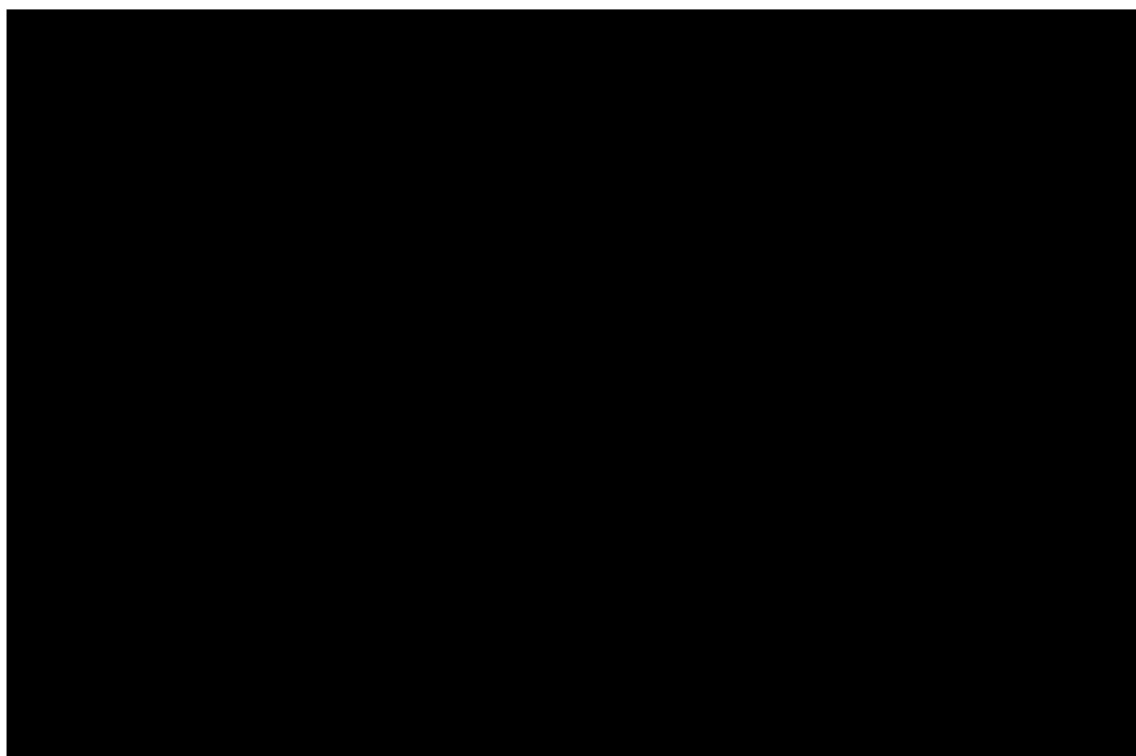


図 4-3(1) 振動モード図（評価ケース No.1（トロリ位置：中央，加振方向：EW 方向））

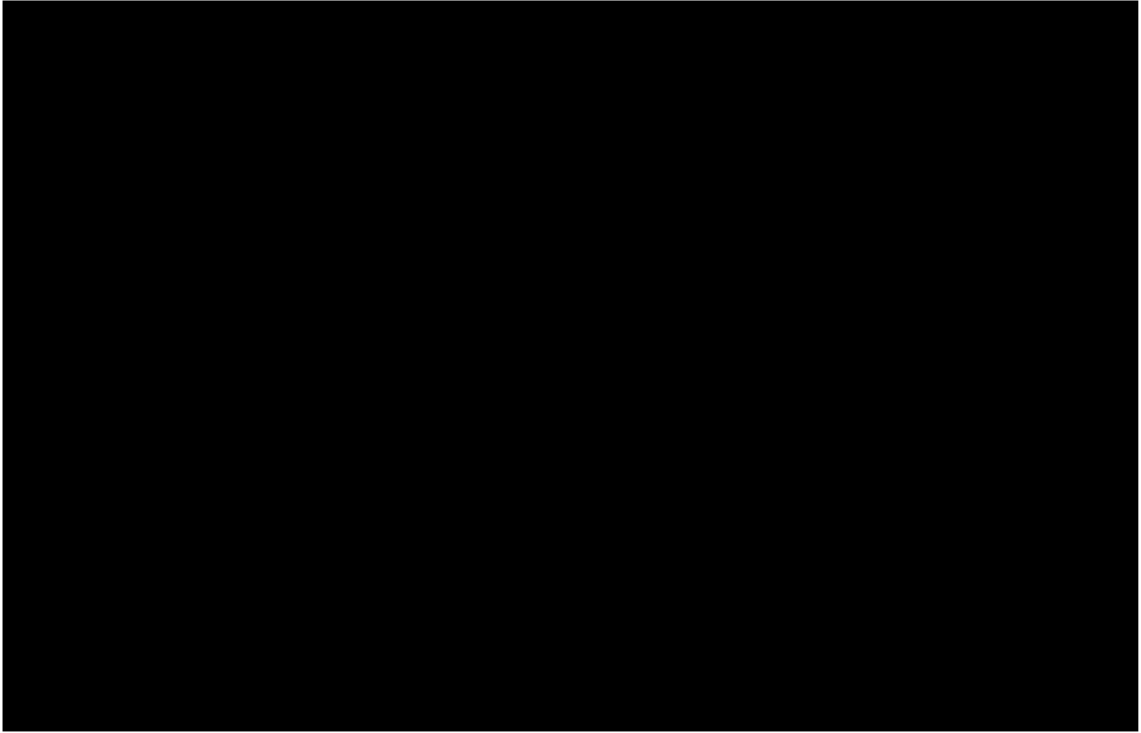


図 4-3(2) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : EW 方向))

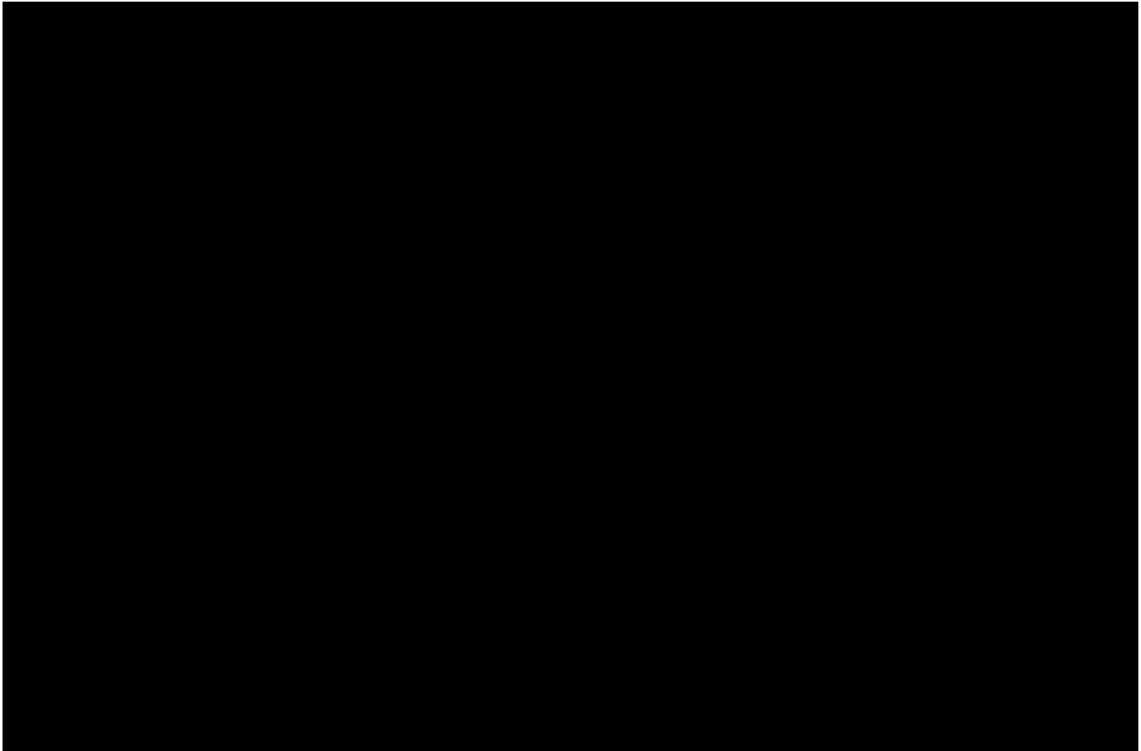


図 4-3(3) 振動モード図 (評価ケース No. 1 (トロリ位置 : 中央, 加振方向 : EW 方向))

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.345	0.00	-33.24	0.02
2 次	0.265	-31.47	0.01	-0.03
3 次	0.131	-0.34	0.01	0.07
4 次	0.100	-0.22	-1.31	-23.94

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

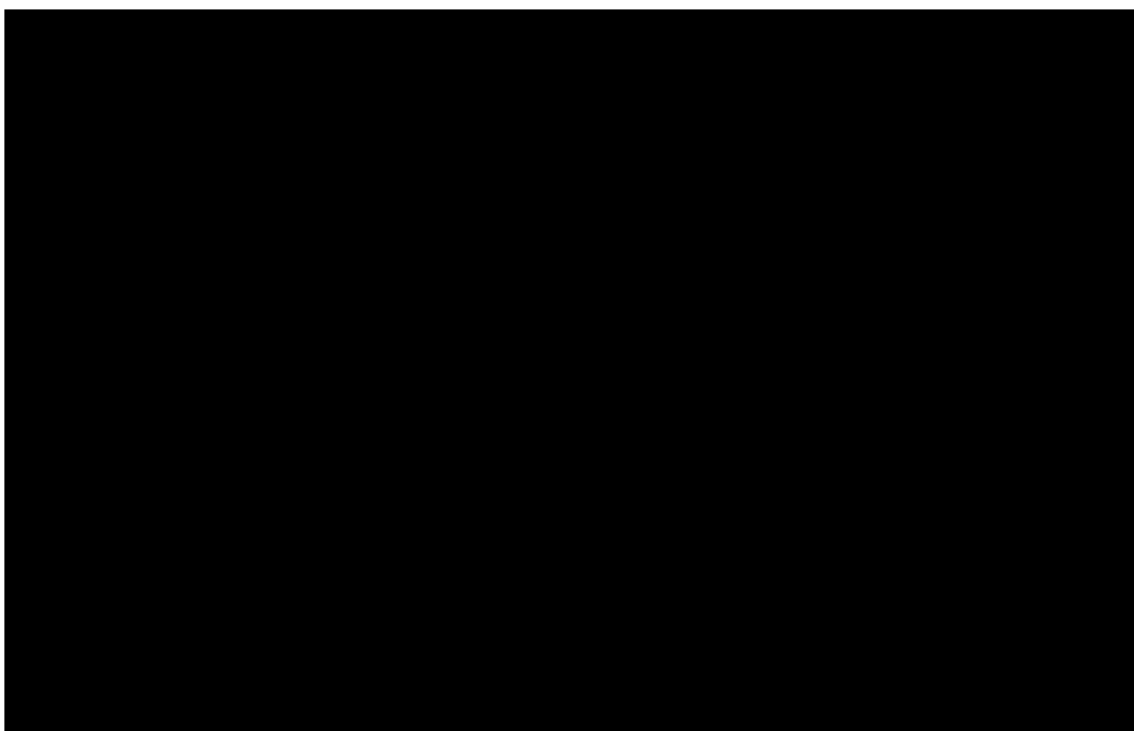


図 4-4(1) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向））

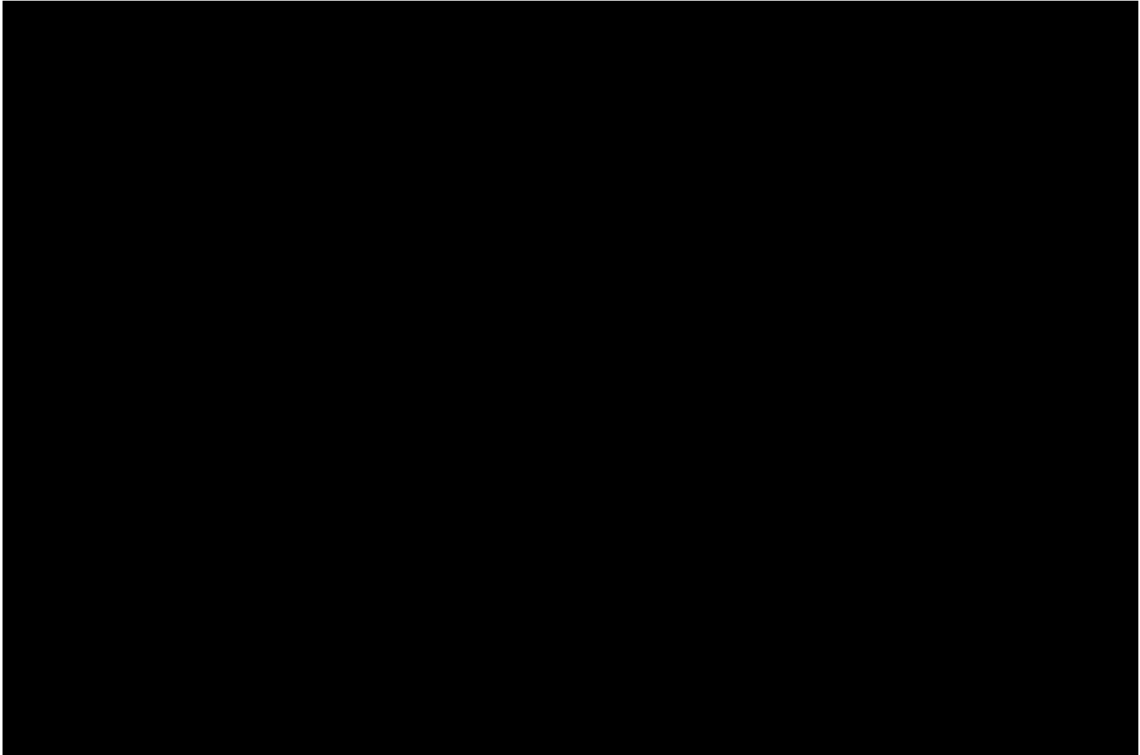


図 4-4(2) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向））

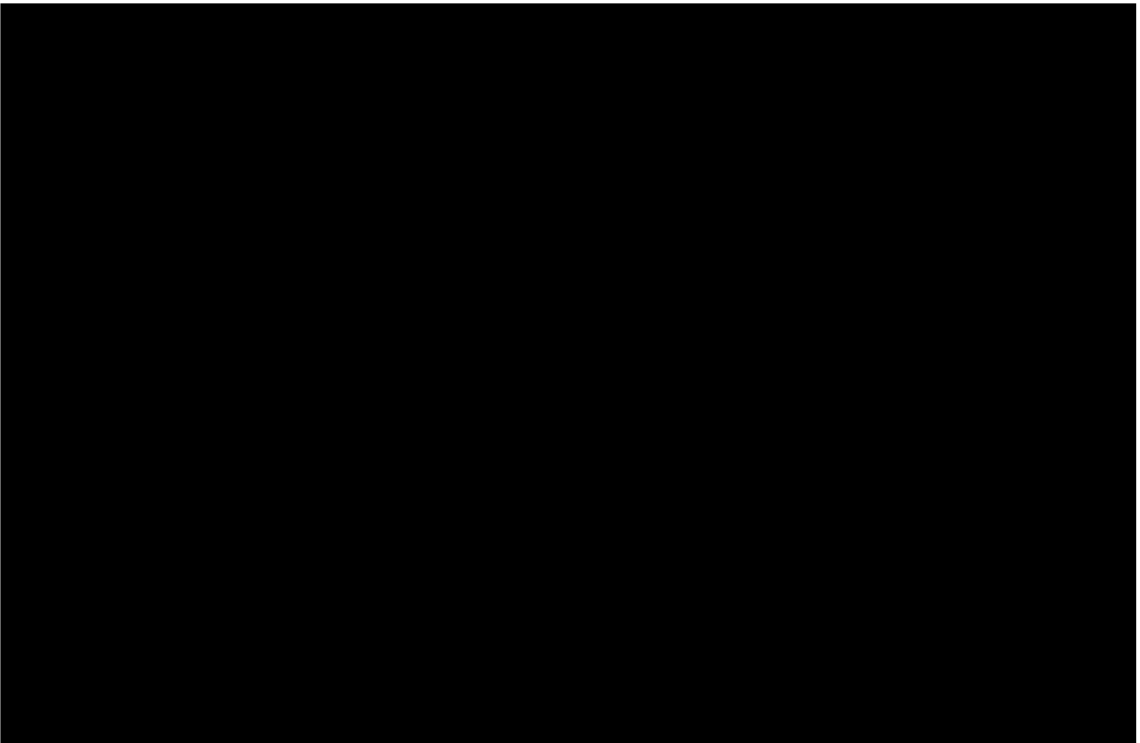


図 4-4(3) 振動モード図（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向））

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.190	-0.01	18.19	0.50
2 次	0.129	17.08	0.01	0.03
3 次	0.082	-5.15	0.01	0.03
4 次	0.051	0.02	1.90	0.80
5 次	0.044	0.12	0.38	-1.08
6 次	0.041	-2.18	0.04	-0.10
7 次	0.035	0.00	0.66	-12.60

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

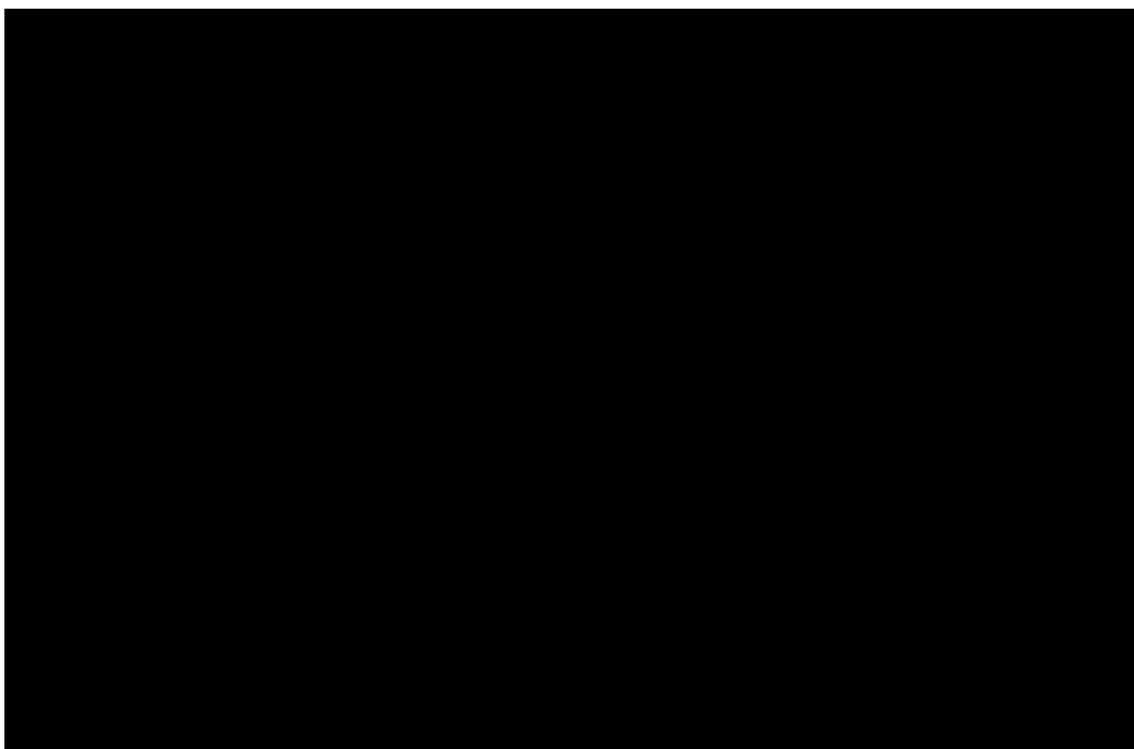


図 4-5(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向））

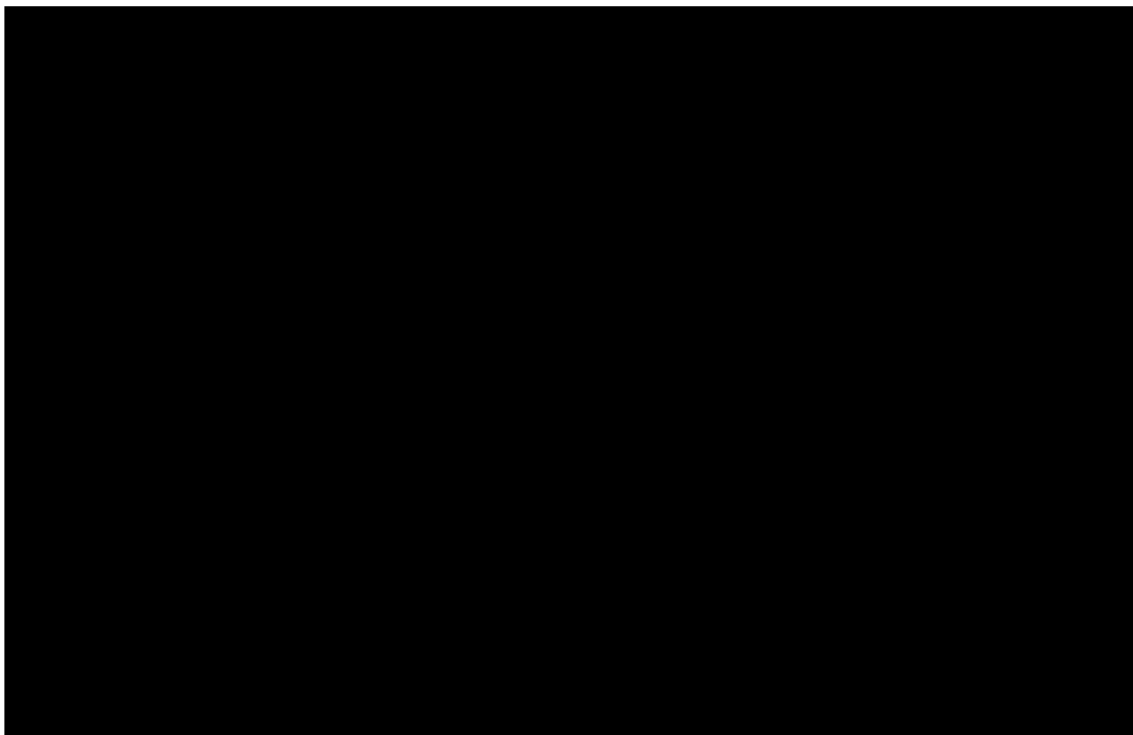


図 4-5(2) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向））

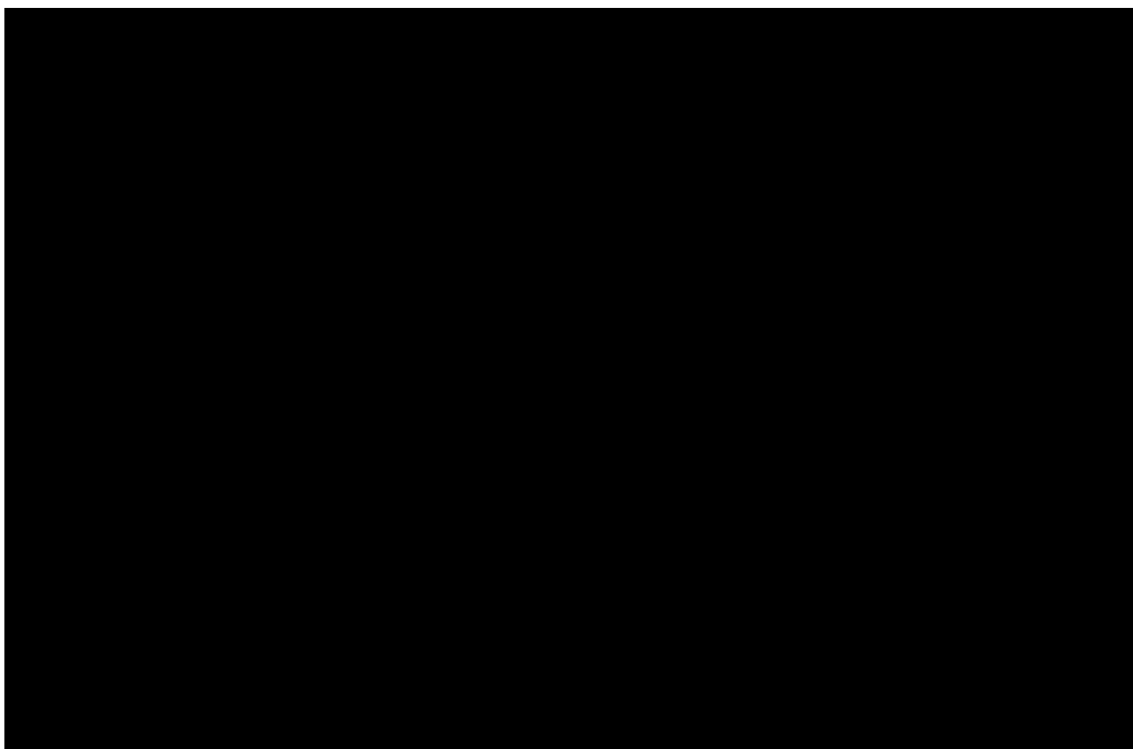


図 4-5(3) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向））

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.295	0.00	28.73	0.33
2 次	0.194	-27.66	0.00	-0.04
3 次	0.142	3.99	-0.01	-0.07
4 次	0.093	0.03	3.40	1.14
5 次	0.081	-0.23	-0.66	1.41
6 次	0.074	-4.07	0.07	-0.10
7 次	0.060	0.02	-0.62	18.21

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

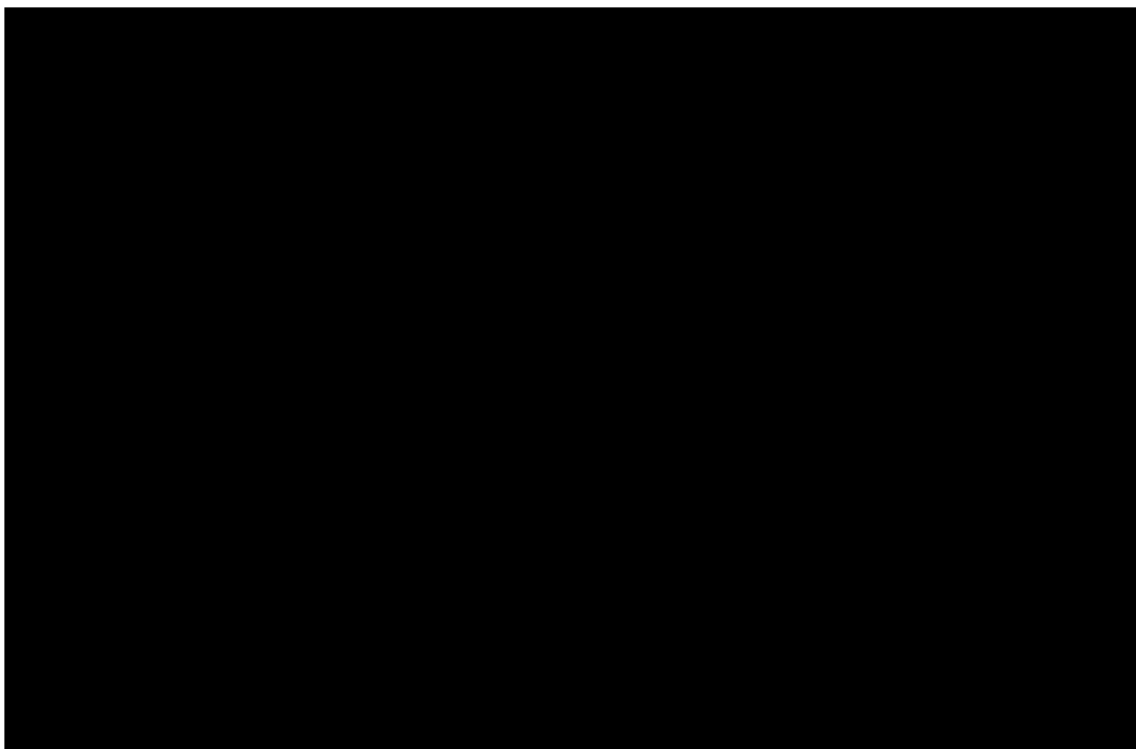


図 4-6(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：EW 方向））

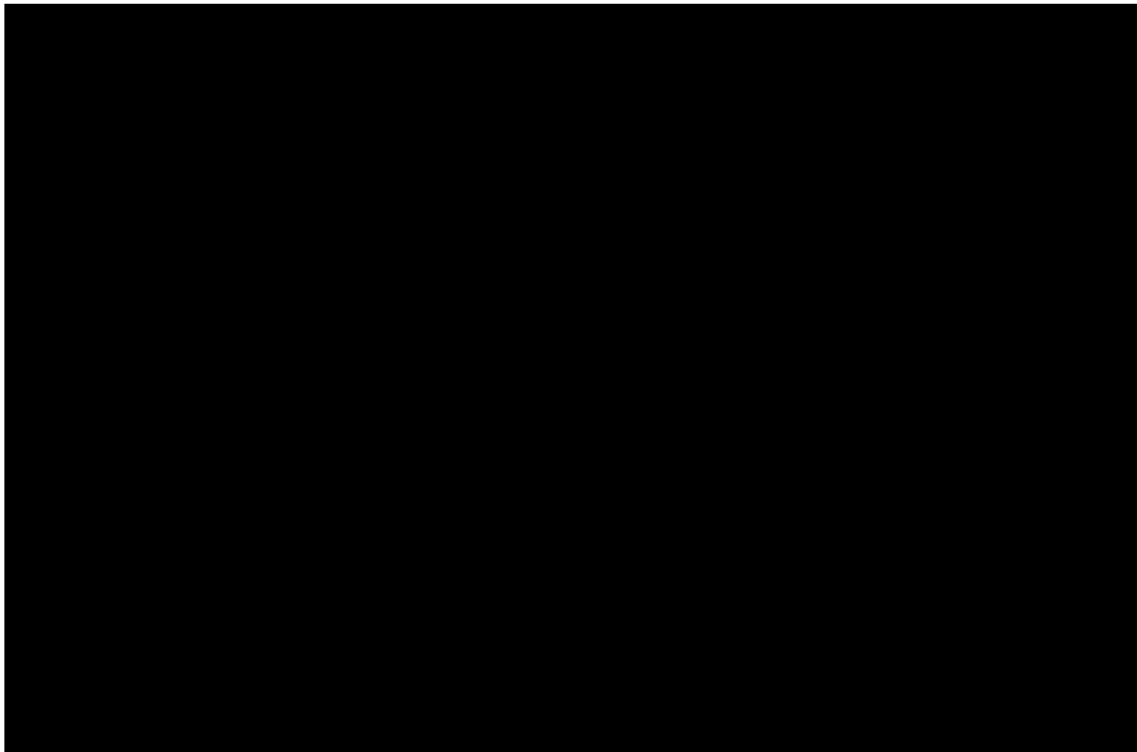


図 4-6(2) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：EW 方向））

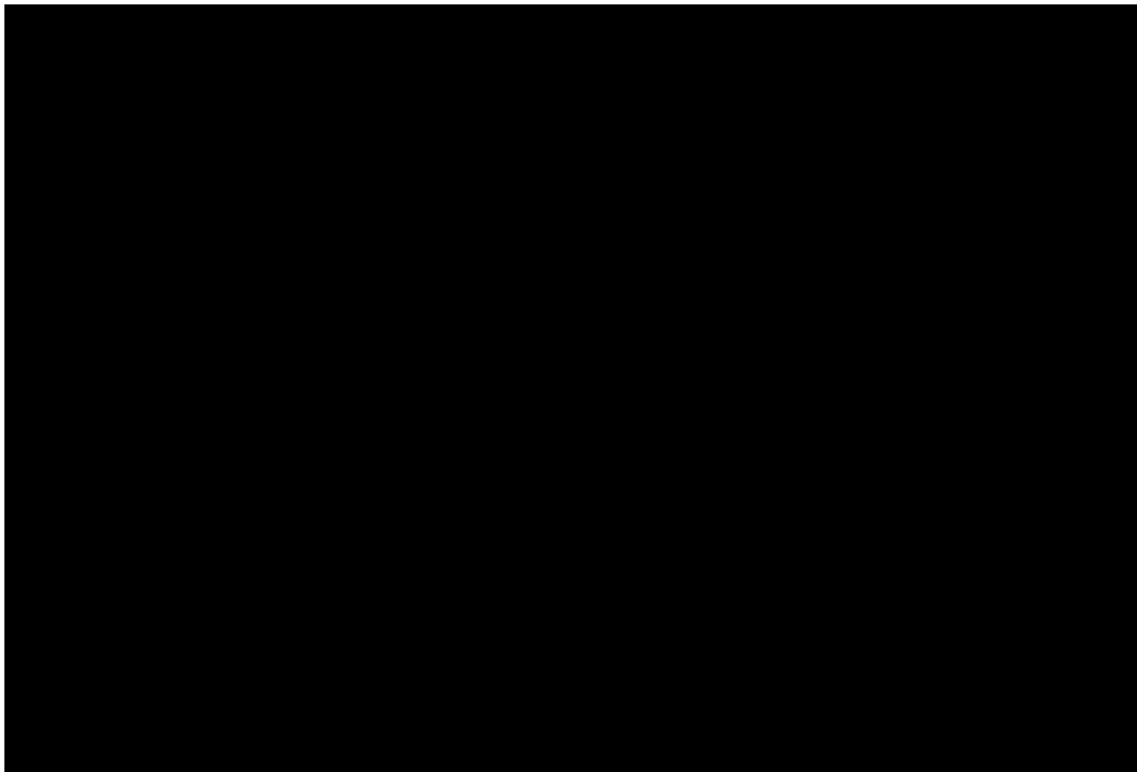


図 4-6(3) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：EW 方向））

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.347	0.01	-33.20	-0.91
2 次	0.236	-31.19	-0.01	-0.06
3 次	0.149	-9.40	0.02	0.06
4 次	0.093	0.03	3.47	1.47
5 次	0.081	0.22	0.69	-1.96
6 次	0.074	-3.99	0.07	-0.18
7 次	0.064	0.00	-1.21	23.00

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

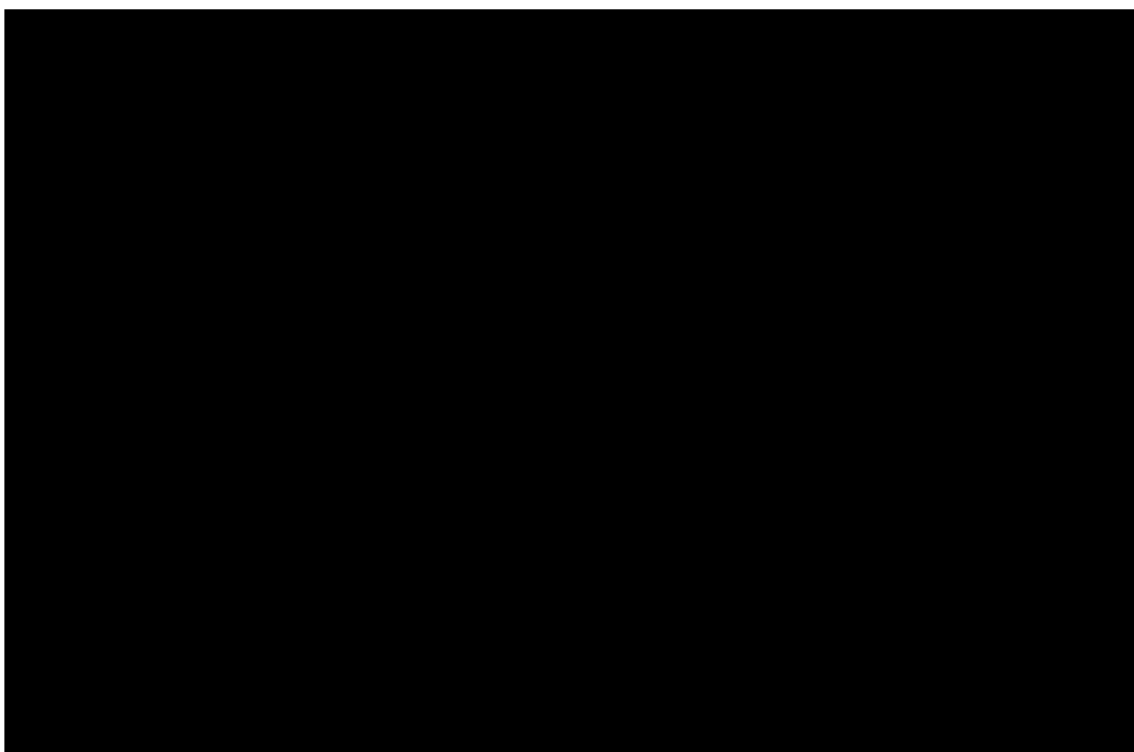


図 4-7(1) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：UD 方向））

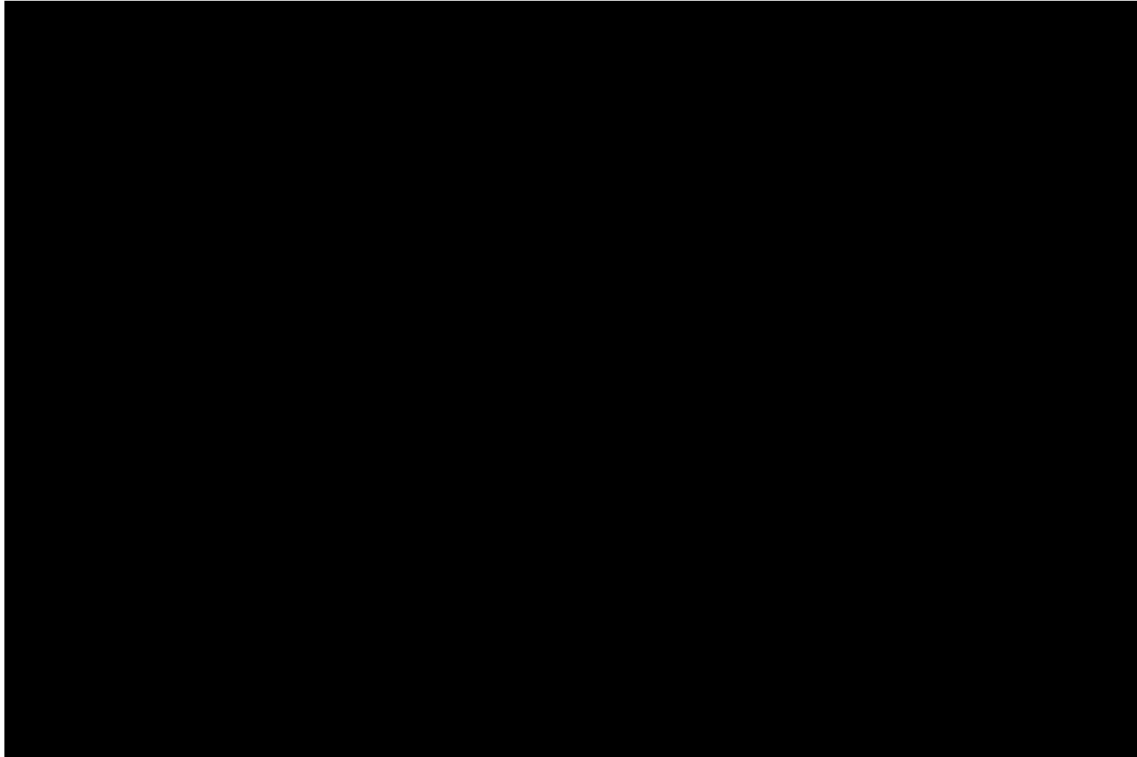


図 4-7(2) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：UD 方向））

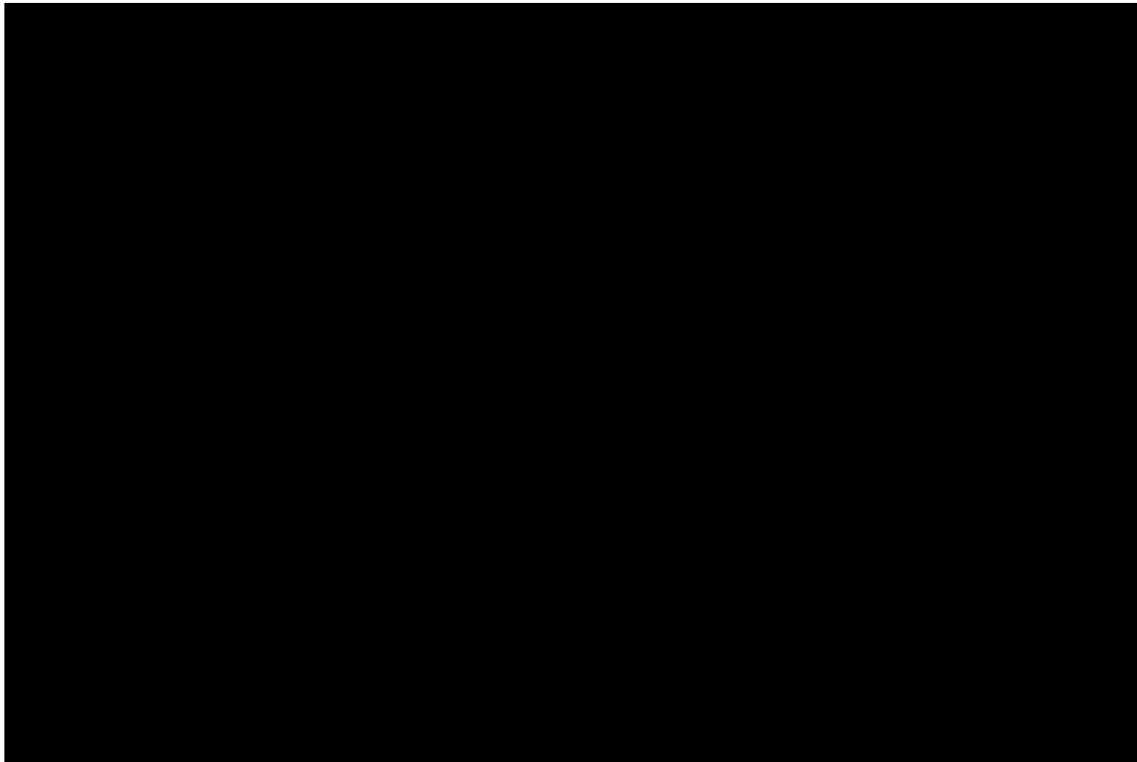


図 4-7(3) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：東側，加振方向：UD 方向））

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.190	0.01	18.18	-0.54
2 次	0.130	17.07	-0.01	0.01
3 次	0.080	5.15	0.01	0.03
4 次	0.051	0.02	-2.00	-1.21
5 次	0.043	-0.12	0.30	1.20
6 次	0.041	2.24	0.05	0.25
7 次	0.035	0.03	-0.25	-12.72

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

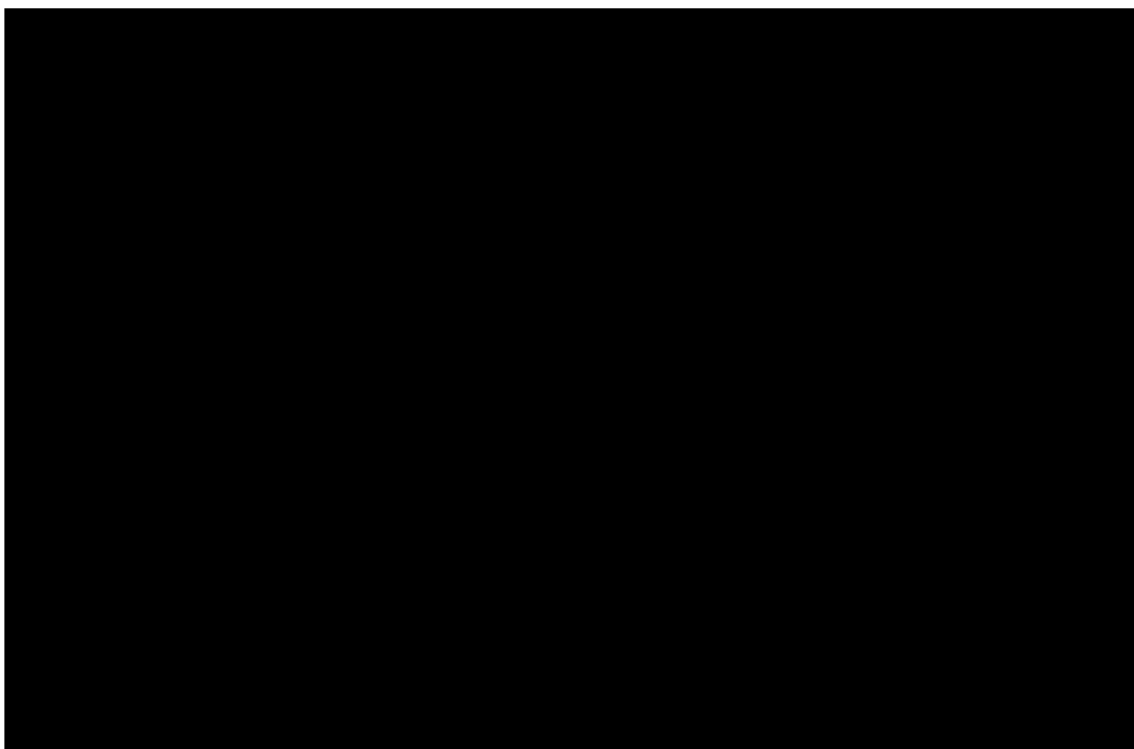


図 4-8(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：NS 方向））

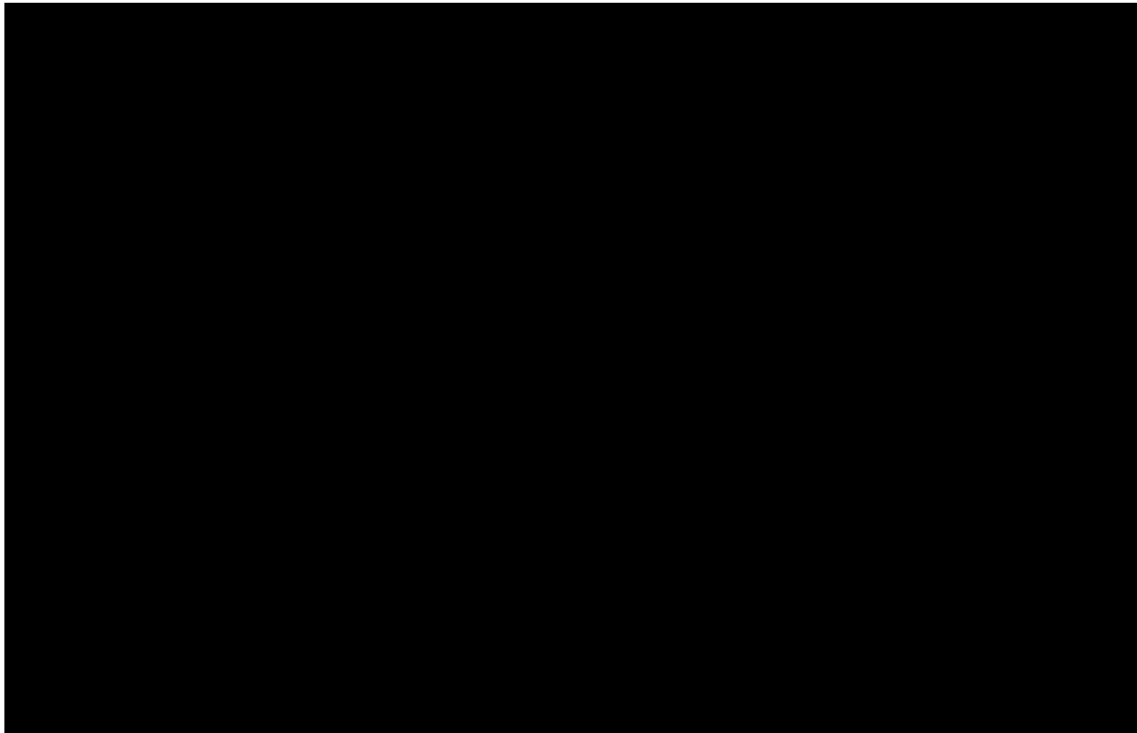


図 4-8(2) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：NS 方向））

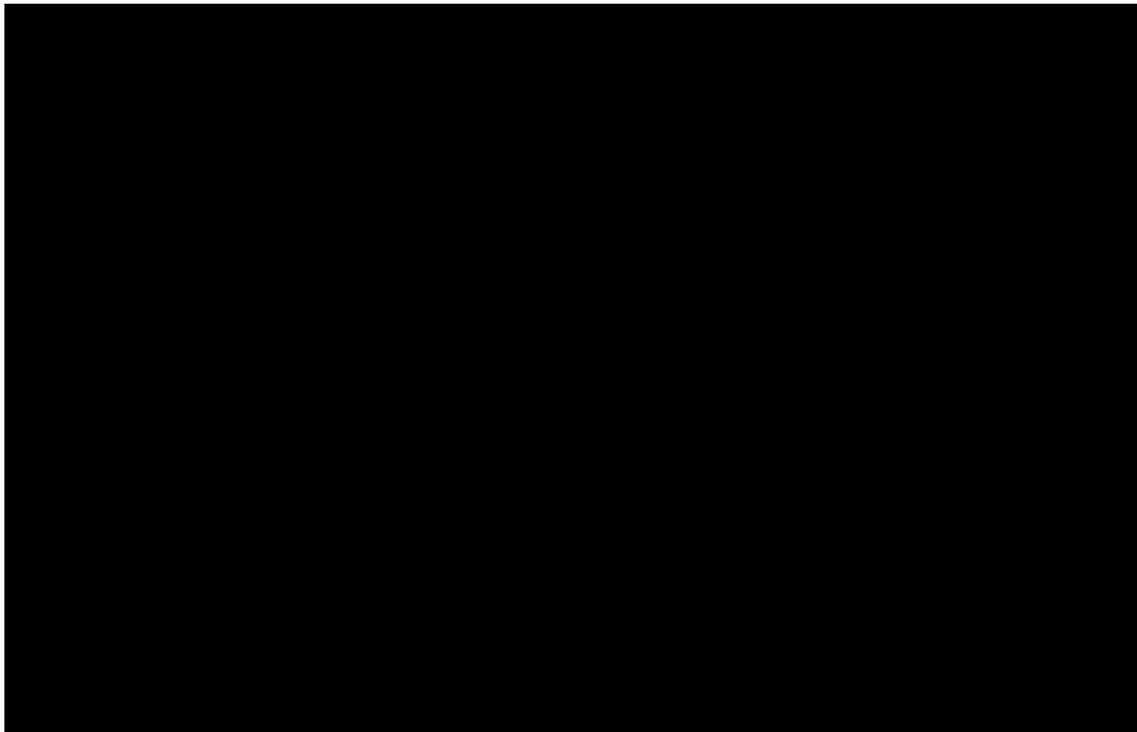


図 4-8(3) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：NS 方向））

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.295	-0.01	-28.72	0.39
2 次	0.196	-27.49	0.01	-0.01
3 次	0.140	-4.95	-0.02	-0.06
4 次	0.093	-0.04	3.47	1.36
5 次	0.079	-0.22	0.54	1.52
6 次	0.074	-4.14	-0.09	-0.26
7 次	0.060	0.05	0.09	-18.31

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

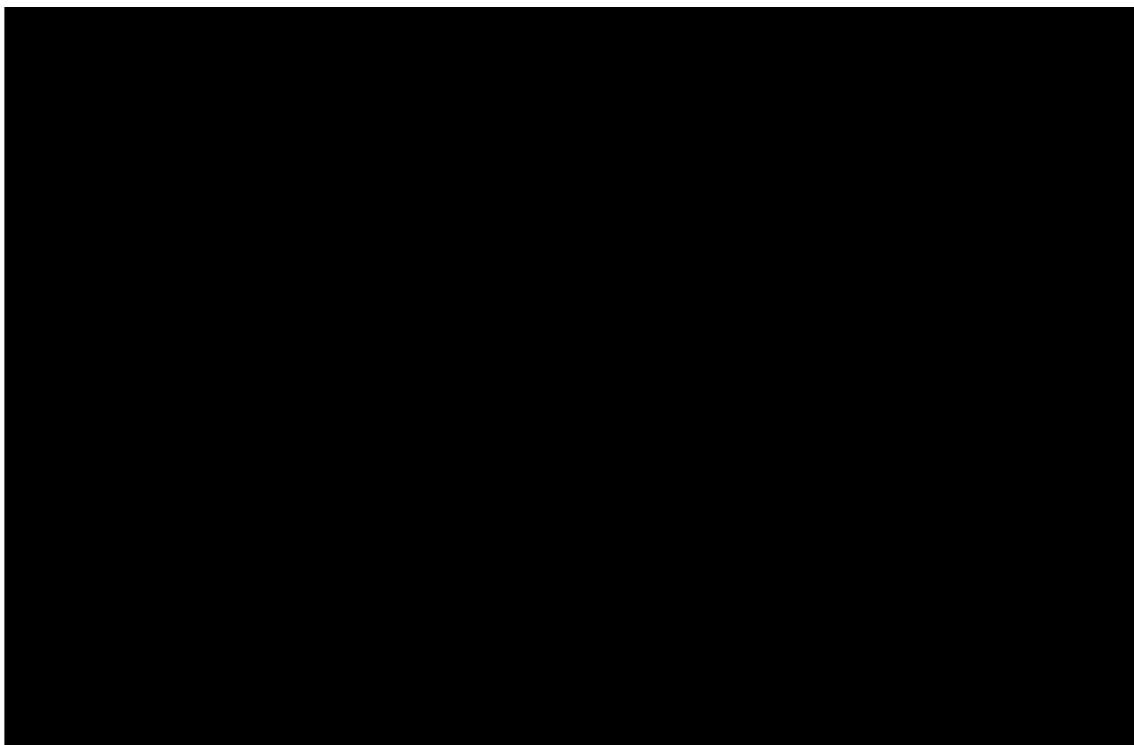


図 4-9(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：EW 方向））

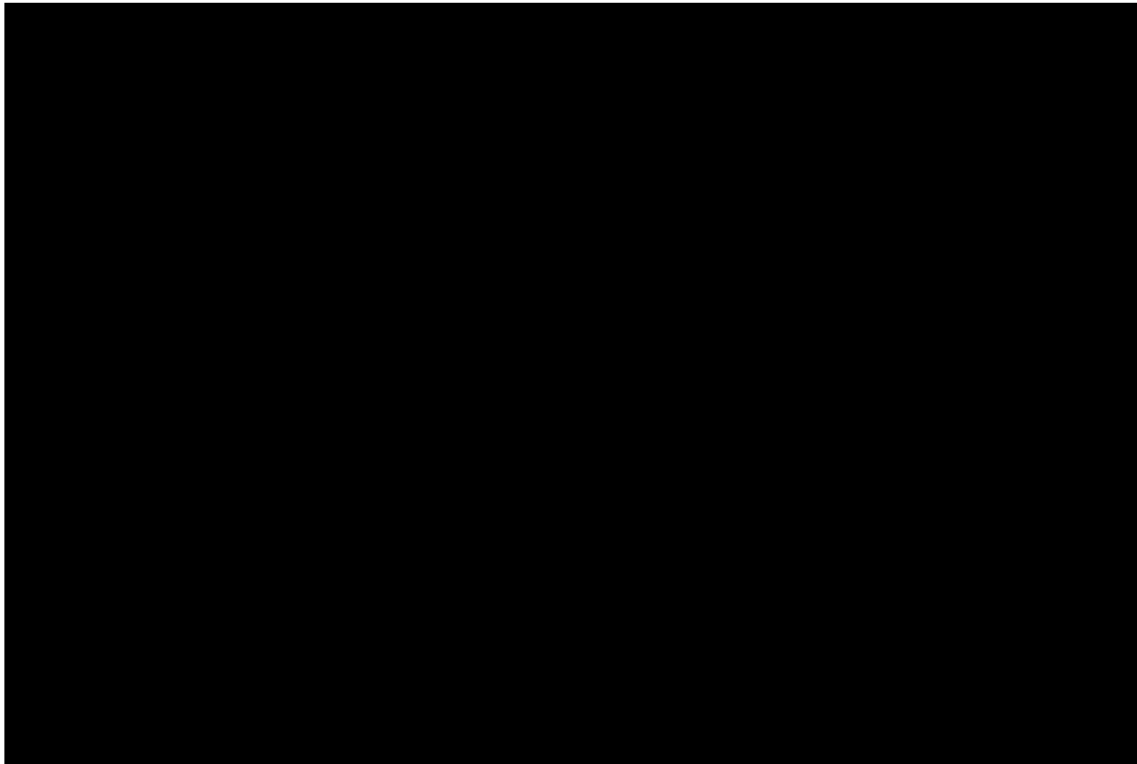


図 4-9(2) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：EW 方向））

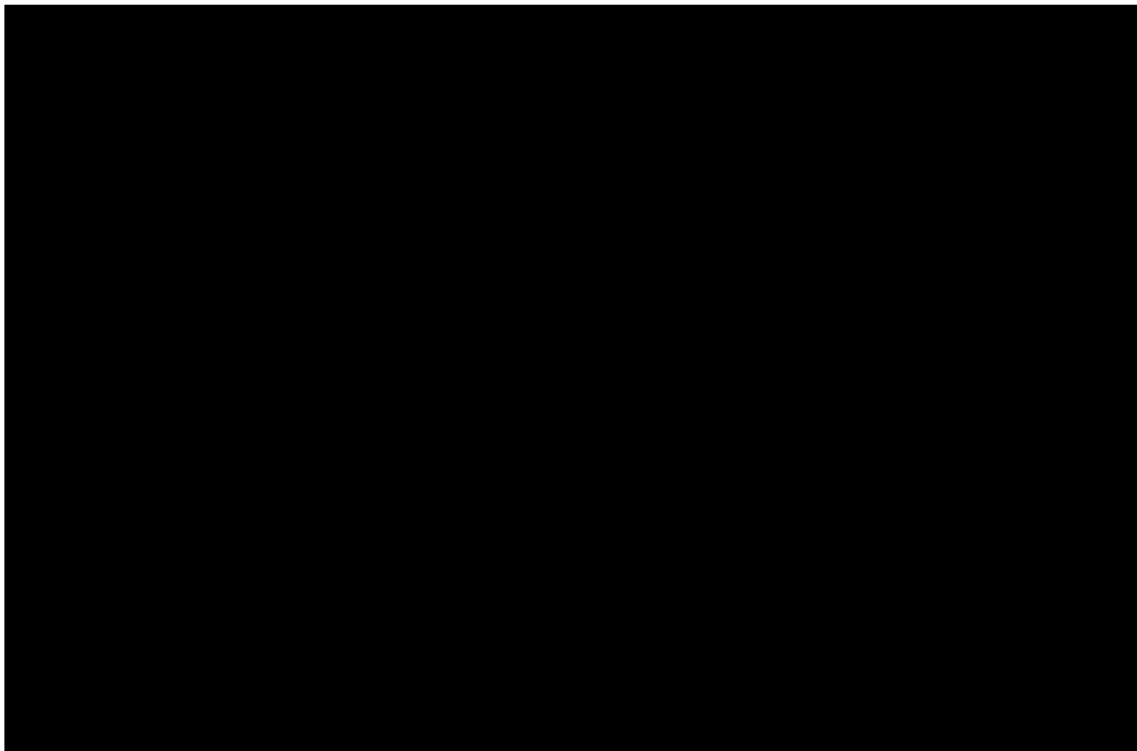


図 4-9(3) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：EW 方向））

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

次数	固有周期 [s]	刺激係数*		
		水平方向		鉛直方向
		NS	EW	
1 次	0.346	0.02	33.20	-0.98
2 次	0.238	31.17	-0.02	0.02
3 次	0.146	-9.40	-0.02	-0.05
4 次	0.093	0.05	-3.64	-2.20
5 次	0.079	0.21	-0.55	-2.20
6 次	0.074	4.10	0.09	0.46
7 次	0.064	0.05	-0.46	-23.22

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

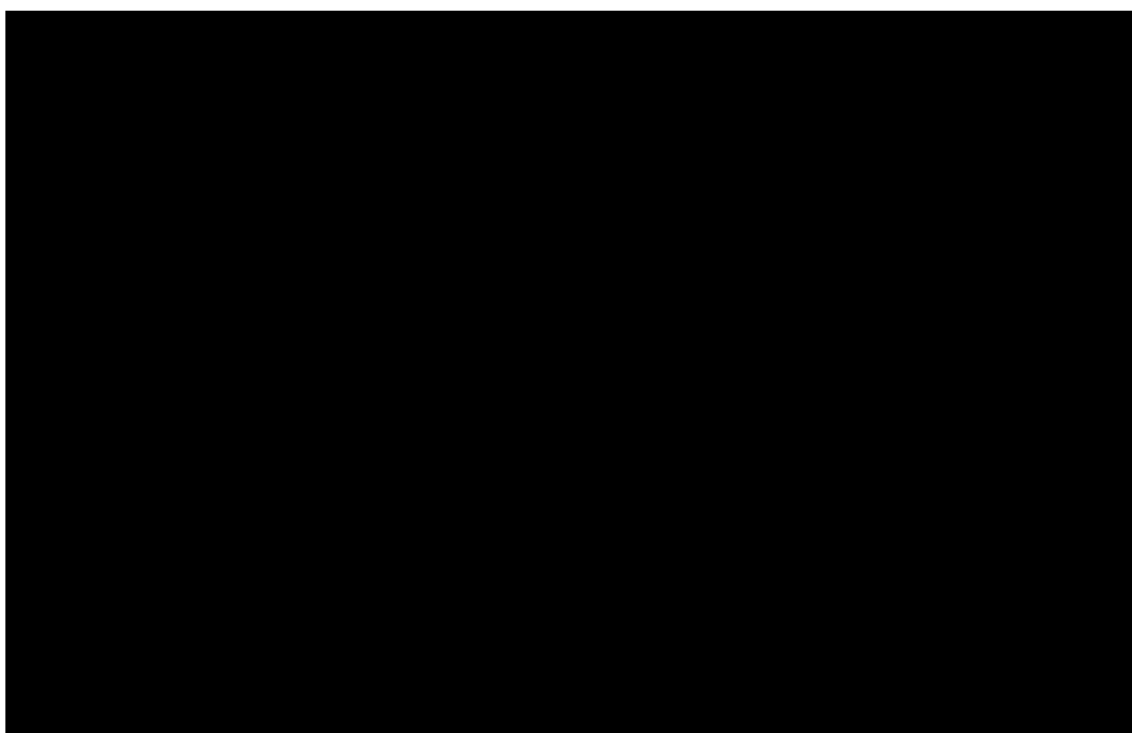


図 4-10(1) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：UD 方向））

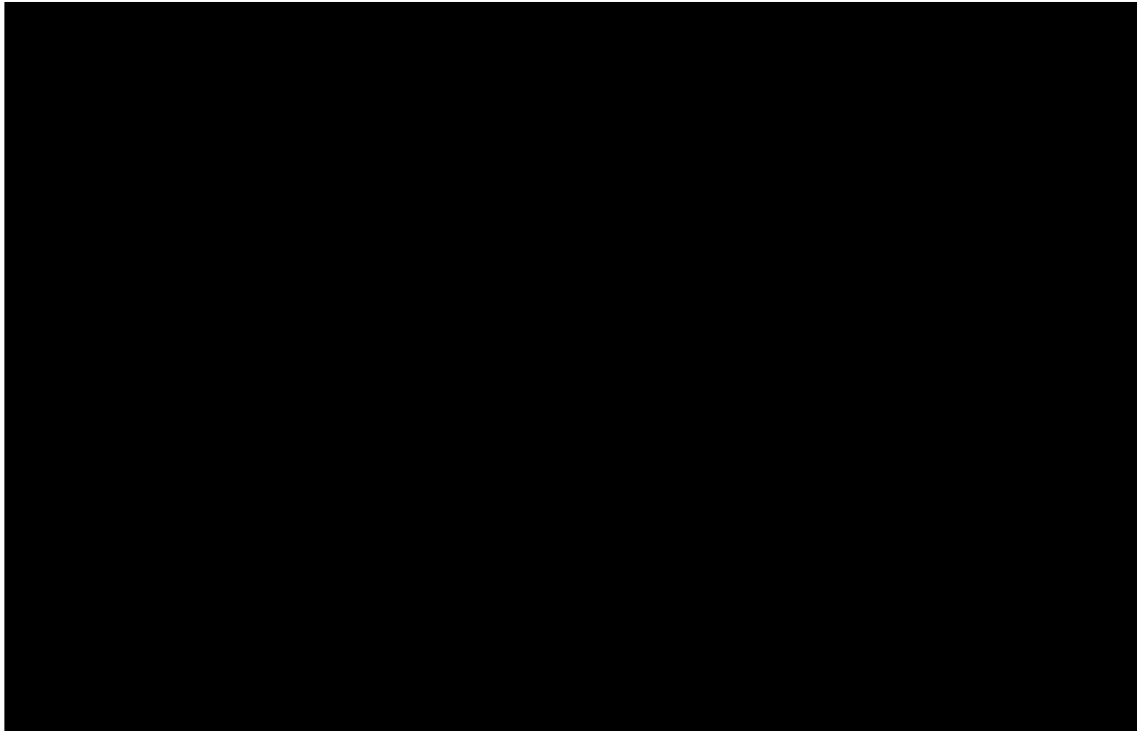


図 4-10(2) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：UD 方向））

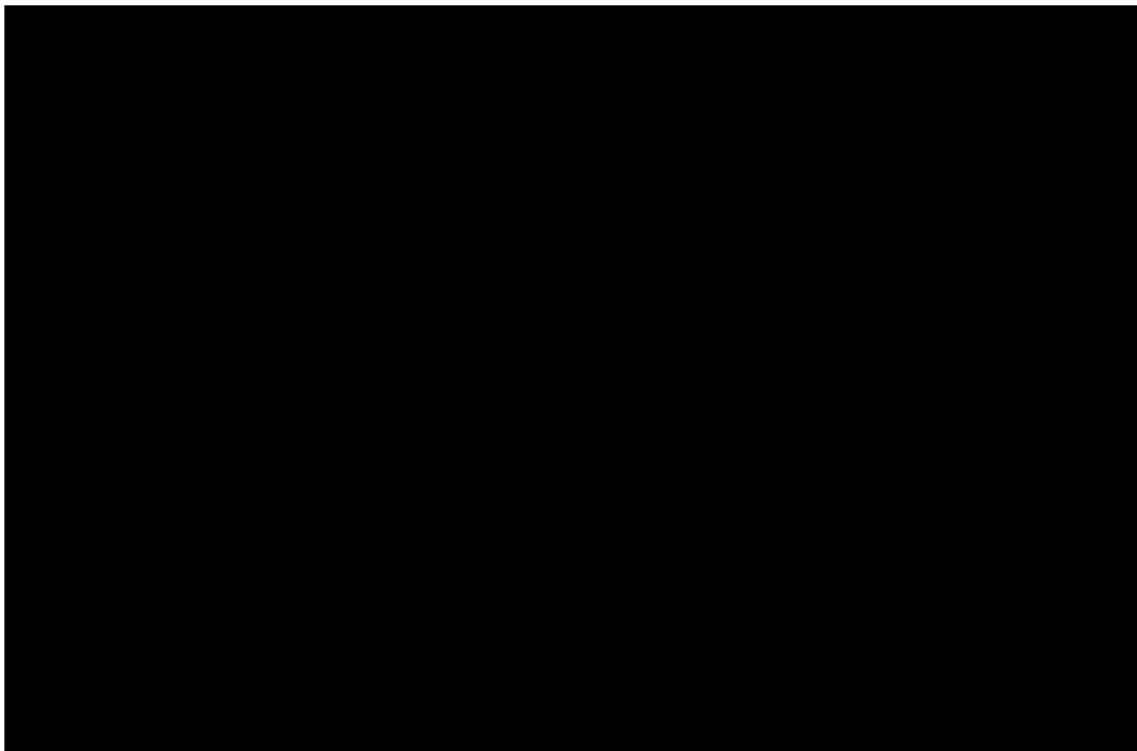


図 4-10(3) 振動モード図（評価ケース No. 3（トロリ位置：西側，加振方向：UD 方向））

4.5 設計用地震力

- (1) 耐震計算に用いる地震力は、図 4-11 に示す大型廃棄物保管庫の床応答スペクトル（弾性設計用地震動 S d 4 5 0）を適用する。据付けレベルは、大型廃棄物保管庫クレーン設置位置（T.P. 約 26m）を適用する。
- (2) 建屋の地震応答解析から得られた時刻歴応答加速度の入力位置は、クレーン設置高さ（T.P. 約 26m）とする。
- (3) 床応答スペクトルは、建屋の固有周期のシフトを考慮して周期方向に±10%拡幅したものを用いる。
- (4) 床応答スペクトルの減衰定数は、既往研究を踏まえ水平 2%，鉛直 2%を適用する。
- (5) 床応答スペクトルは、建屋の耐震補強後のスペクトルを上回るものとして、建屋の耐震補強前のスペクトルに裕度（1.2 倍）を持たせたものを用いる。
- (6) 設計用地震力は、評価結果が厳しくなる吊荷有の評価ケース（評価ケース No. 1～3）について記載する。

表 4-17(1) 設計用地震力（トロリ位置：中央，加振方向：NS 方向）

据付場所及び床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* ¹		
固有周期 (s)		NS 方向：0.145 EW 方向：0.189 UD 方向：0.055		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.189	2.18	—	—
2 次	0.145	1.87	—	—
3 次	0.072	0.93	—	—
4 次	0.055	0.68	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

表 4-17(2) 設計用地震力（トロリ位置：中央，加振方向：EW 方向）

据付場所及び床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* ¹		
固有周期 (s)		NS 方向：0.210 EW 方向：0.295 UD 方向：0.073		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.210	—	2.45	—
3 次	0.131	—	1.69	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.085	—	1.01	—
6 次	0.073	—	0.78	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

表 4-17(3) 設計用地震力（トロリ位置：中央，加振方向：UD 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0 ^{*1}		
固有周期 (s)		NS 方向：0.265 EW 方向：0.345 UD 方向：0.100		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.345	—	—	1.38
2 次	0.265	—	—	1.49
3 次	0.131	—	—	1.69
4 次	0.100	—	—	1.60

注記 *1：基準床レベルを示す。

表 4-17(4) 設計用地震力（トロリ位置：東側，加振方向：NS 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0 ^{*1}		
固有周期 (s)		NS 方向：0.129 EW 方向：0.190 UD 方向：0.035		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.190	2.18	—	—
2 次	0.129	2.09	—	—
3 次	0.082	1.14	—	—
4 次	0.051	0.68	—	—
5 次	0.044	0.77 ^{*2}	—	—
6 次	0.041	0.77 ^{*2}	—	—
7 次	0.035	0.77 ^{*2}	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：N S 方向の最大応答加速度の 1.2 倍を適用する。

表 4-17(5) 設計用地震力（トロリ位置：東側，加振方向：EW 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* ¹		
固有周期 (s)		NS 方向：0.194 EW 方向：0.295 UD 方向：0.060		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.194	—	2.15	—
3 次	0.142	—	1.89	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.081	—	0.93	—
6 次	0.074	—	0.81	—
7 次	0.060	—	0.70	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

表 4-17(6) 設計用地震力（トロリ位置：東側，加振方向：UD 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* ¹		
固有周期 (s)		NS 方向：0.236 EW 方向：0.347 UD 方向：0.064		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.347	—	—	1.38
2 次	0.236	—	—	1.60
3 次	0.149	—	—	1.71
4 次	0.093	—	—	1.60
5 次	0.081	—	—	1.42
6 次	0.074	—	—	1.40
7 次	0.064	—	—	1.41

注記 *1：基準床レベルを示す。

表 4-17(7) 設計用地震力（トロリ位置：西側，加振方向：NS 方向）

据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0 ^{*1}		
固有周期 (s)		NS 方向：0.130 EW 方向：0.190 UD 方向：0.035		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.190	2.18	—	—
2 次	0.130	2.09	—	—
3 次	0.080	1.11	—	—
4 次	0.051	0.68	—	—
5 次	0.043	0.77 ^{*2}	—	—
6 次	0.041	0.77 ^{*2}	—	—
7 次	0.035	0.77 ^{*2}	—	—

注記 *1：基準床レベルを示す。

*2：NS 方向の最大応答加速度の 1.2 倍を適用する。

表 4-17(8) 設計用地震力（トロリ位置：西側，加振方向：EW 方向）

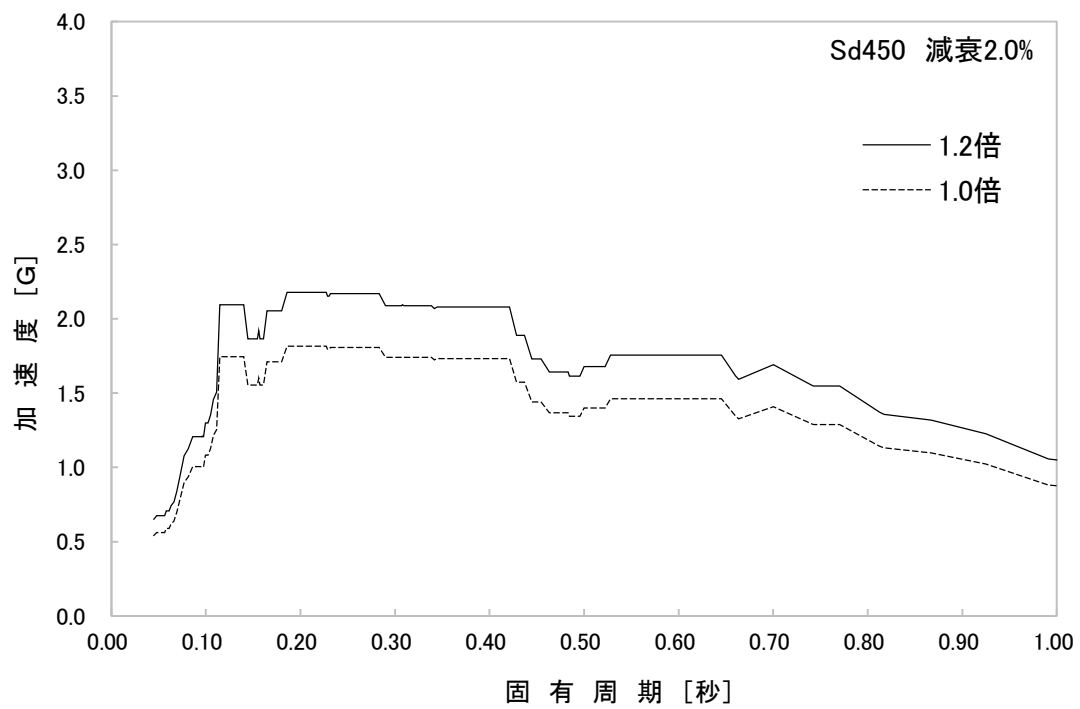
据付場所及び 床面高さ (m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0 ^{*1}		
固有周期 (s)		NS 方向：0.196 EW 方向：0.295 UD 方向：0.060		
減衰定数 (%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.295	—	2.40	—
2 次	0.196	—	2.27	—
3 次	0.140	—	1.81	—
4 次	0.093	—	1.13	—
5 次	0.079	—	0.92	—
6 次	0.074	—	0.81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

注記 *1：基準床レベルを示す。

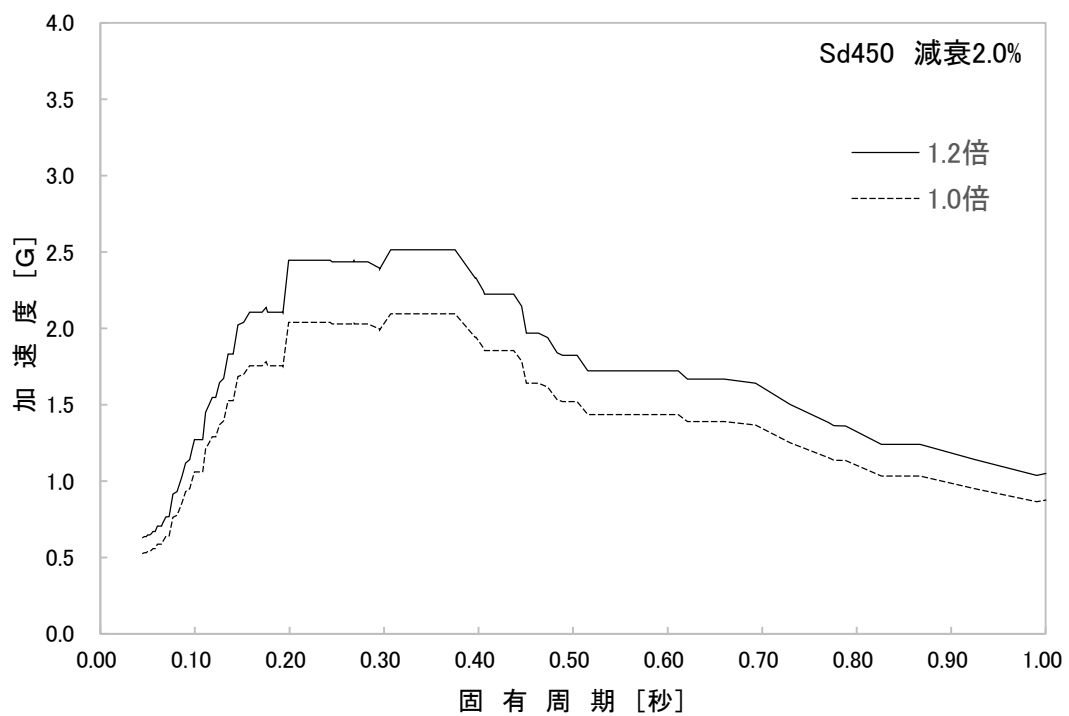
表 4-17(9) 設計用地震力（トロリ位置：西側，加振方向：UD 方向）

据付場所及び 床面高さ(m)		大型廃棄物保管庫 T.P 約 26.0* ¹		
固有周期(s)		NS 方向：0.238 EW 方向：0.346 UD 方向：0.064		
減衰定数(%)		水平：2.0 鉛直：2.0		
地震力		弾性設計用地震動 S d 4 5 0		
モード	固有周期 (s)	応答水平震度		応答鉛直 震度
		NS 方向	EW 方向	
1 次	0.346	—	—	1.38
2 次	0.238	—	—	1.60
3 次	0.146	—	—	1.70
4 次	0.093	—	—	1.60
5 次	0.079	—	—	1.37
6 次	0.074	—	—	1.40
7 次	0.064	—	—	1.41

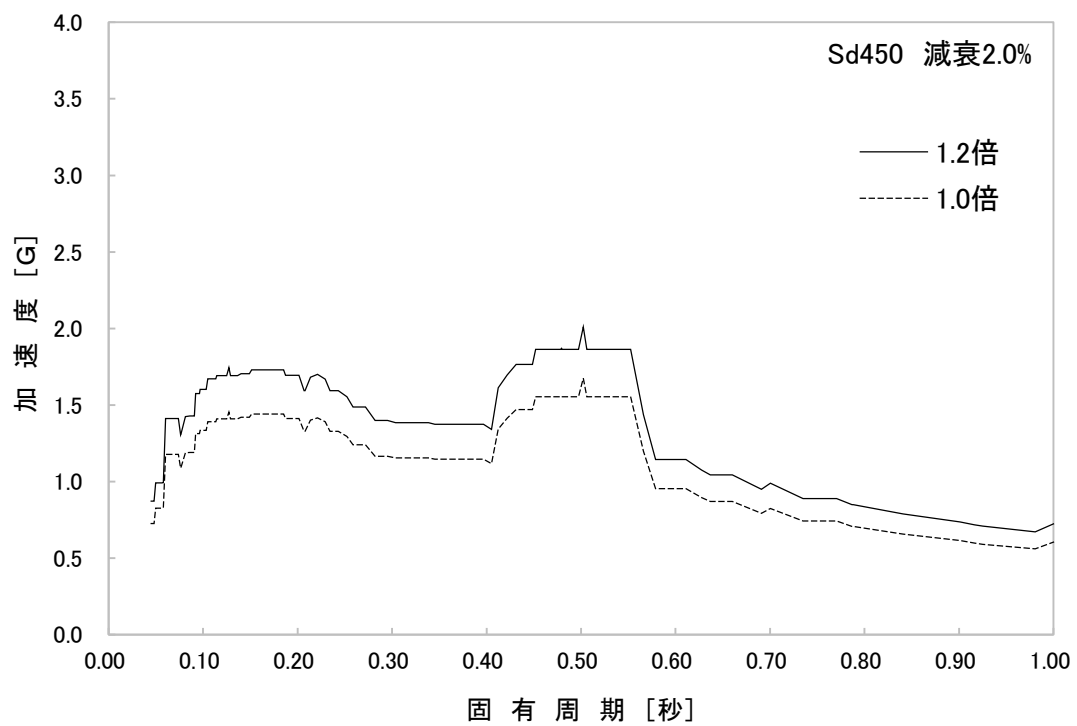
注記 *1：基準床レベルを示す。



(1FL T.P. 約 26m, S d 4 5 0, NS 方向, $\pm 10\%$ 拡幅)



(1FL T.P. 約 26m, S d 4 5 0, EW 方向, $\pm 10\%$ 拡幅)



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

図 4-11 大型廃棄物保管庫 床応答スペクトル

4.6 応力の評価

4.6.1 クレーン本体の応力評価

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

	弾性設計用地震動 S d 4 5 0 による 荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$
許容圧縮応力 f_c	a. 圧縮材の有効細長比が限界細長比以下の場合 $\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu} \cdot 1.5$ b. 圧縮材の有効細長比が限界細長比を超える場合 $0.277 \cdot F^* \cdot \left(\frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \cdot 1.5$
許容曲げ応力 f_b	$\text{Min} \left(\frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{I_b \cdot h}, \frac{F^*}{1.5} \right) \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_s	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

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

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

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

4.6.2 連結ボルトの応力評価

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

	弾性設計用地震動 S d 4 5 0 に よる荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{ts}	$\text{Min}(1.4 \cdot f_{to} - 1.6\tau, f_{to})$
許容せん断応力 f_{so}	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

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

4.6.3 走行／横行浮上り防止治具の応力評価

4.6.3.1 走行／横行浮上り防止爪の応力評価

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

	弾性設計用地震動 S d 4 5 0 による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_t	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.6.3.2 走行／横行浮上り防止爪取付ボルトの応力評価

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

	弾性設計用地震動 S d 4 5 0 による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{ts}	$Min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6\tau, f_{to})$
許容せん断応力 f_{so}	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

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

4.6.4 走行レール取付部材の応力評価

4.6.4.1 走行レールクリップの応力評価

走行レールクリップの曲げ応力が、下記許容曲げ応力 f_b 以下であること。

	弾性設計用地震動 S d 4 5 0 による荷重との組合せの場合
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$

4.6.4.2 走行レール基礎ボルトの応力評価

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

	弾性設計用地震動 S d 4 5 0 による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{ts}	$Min(1.4 \cdot f_{to} - 1.6\tau, f_{to})$
許容せん断応力 f_{so}	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

ただし、

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

4.6.5 ワイヤロープ及びフックの評価

ワイヤロープ及びフックの支持荷重が許容荷重以下であること。

4.6.6 応力の評価方法

材料及び許容応力を表 4-18 に示す。

表 4-18(1) 材料及び許容応力

評価部位		材料	応力	許容応力 (MPa)
クレーン本体		SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	390
			せん断	225
			圧縮	361
			曲げ	390
			組合せ	390
連結ボルト		F10T	引張	511
			せん断	393
		S10T	せん断	393
走行浮上り 防止治具	爪	SS400 (100mm < t)	組合せ	239
	取付 ボルト	12. 9T	引張	624
			せん断	480
		8. 8T	引張	424
			せん断	326
横行浮上り 防止治具	爪	SM570 (16mm < t ≤ 40mm)	組合せ	390
	取付 ボルト	12. 9T	引張	624
走行レール 取付部材	レール クリップ	FCD450	曲げ	306
		SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	曲げ	274
	基礎 ボルト	SS400 (16mm < t ≤ 40mm)	引張	128
			せん断	158

表 4-18(2) 材料及び許容荷重

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

5. 評価結果

評価結果は、表 5-1 に示すとおり、弾性設計用地震動 $S_d 450$ に対して十分な強度を有していることを確認した。

表 5-1(1) 算定応力の評価

評価部位		使用材料	応力	算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
クレーン本体		SM570 ($16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$)	引張	45	390
			せん断	60	225
			圧縮	45	361
			曲げ	212	390
			組合せ	229	390
連結ボルト		F10T	引張	298	511
			せん断	37	393
		S10T	せん断	51	393
走行浮上り 防止治具	爪	SS400 ($100\text{mm} < t$)	組合せ	161	239
	取付 ボルト	12.9T	引張	147	624
			せん断	31	480
		8.8T	引張	134	424
			せん断	61	326
横行浮上り 防止治具	爪	SM570 ($16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$)	組合せ	222	390
	取付 ボルト	12.9T	引張	378	624
走行レール 取付部材	レール クリップ	FCD450	曲げ	171	306
		SS400 ($16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$)	曲げ	75	274
	基礎 ボルト	SS400 ($16\text{mm} < t \leq 40\text{mm}$)	引張	90	128
			せん断	109	158

表 5-1(2) 算定荷重の評価

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

6. 応力の計算方法（数値は各応力の裕度の最も小さい箇所を記載）

6.1 クレーン本体の応力

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

(1) 引張応力： σ_{t1}

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

σ_{t1} : クレーン本体部材に作用する引張応力 45 (MPa)

[redacted]

(2) せん断応力： τ_1

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

τ_1 : クレーン本体部材に作用するせん断応力 60 (MPa)

[redacted]

(3) 圧縮応力： σ_{c1}

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

σ_{c1} : クレーン本体部材に作用する圧縮応力 45 (MPa)

[redacted]

(4) 曲げ応力： σ_{b1}

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

σ_{b1} : クレーン本体部材に作用する曲げ応力 212 (MPa)

[redacted]

(5) 組合せ応力

a. 組合せ軸応力： σ_1

$$\sigma_1 = \text{ } \dots\dots\dots (6.1.5)$$

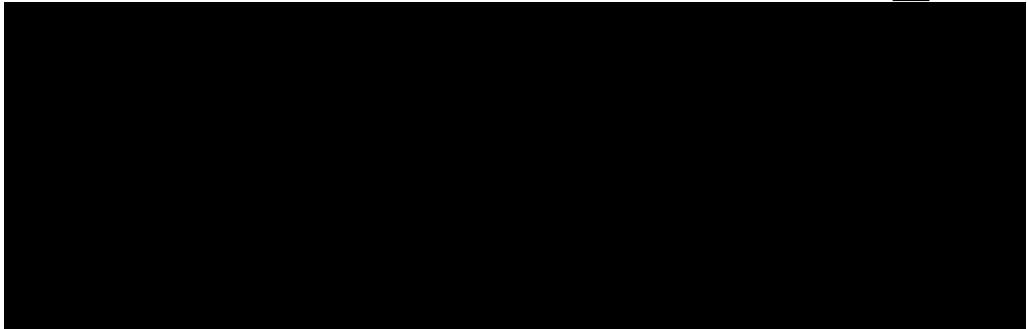
σ_1 : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力 $\text{ } (\text{MPa})$



b. せん断応力： τ_1

$$\tau_1 = \text{ } \dots\dots\dots (6.1.6)$$

τ_1 : クレーン本体部材に作用するせん断応力 $\text{ } (\text{MPa})$



c. 組合せ応力： σ_{k1}

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

σ_{k1} : クレーン本体部材に作用する組合せ応力 229 (MPa)

σ_1 : クレーン本体部材に作用する組合せ軸応力 $\text{ } (\text{MPa})$

τ_1 : クレーン本体部材に作用するせん断応力 $\text{ } (\text{MPa})$

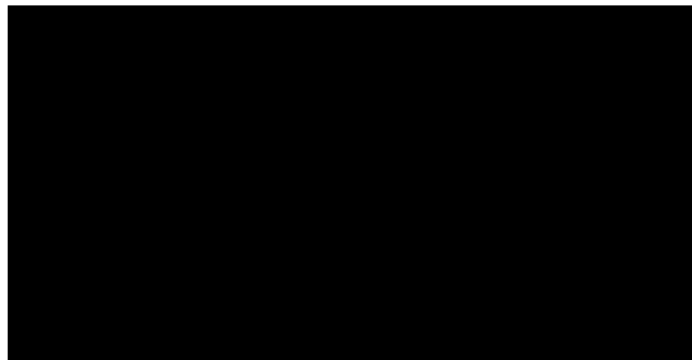


図 6-1 クレーン本体部材の軸方向

6.2 連結ボルトの応力

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

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

- a. 引張応力： σ_{t2}

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

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

[redacted]

- b. せん断応力： σ_{s1}

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

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

[redacted]

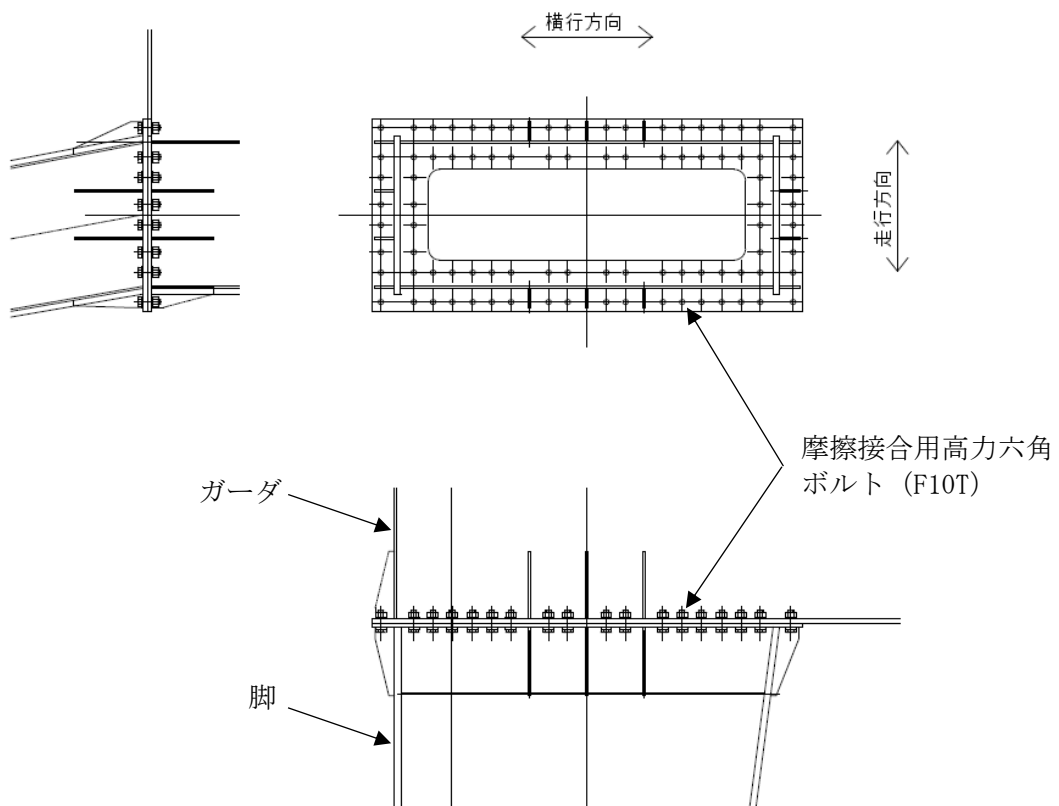


図 6-2 脚上部連結部

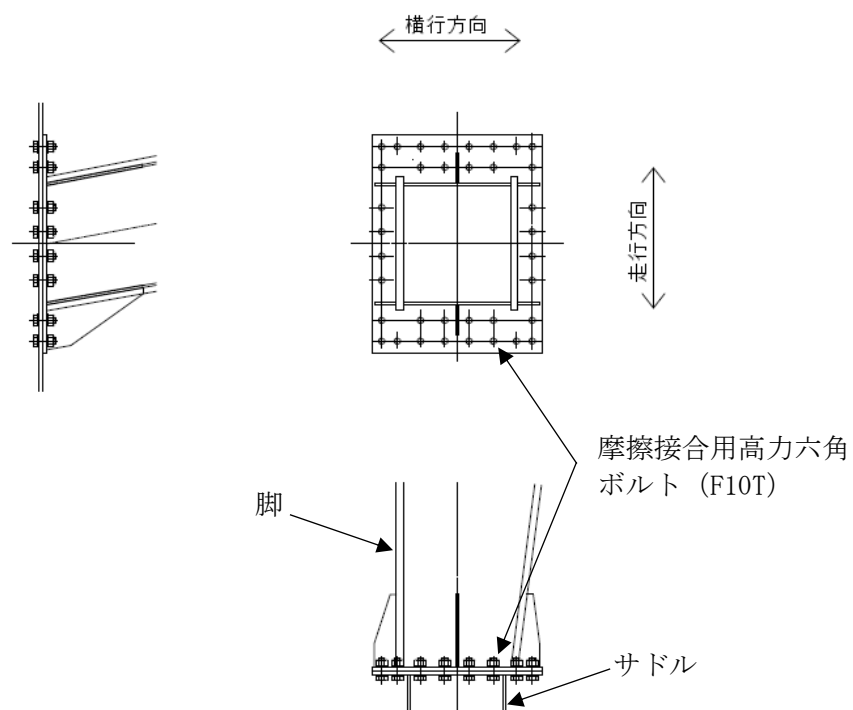


図 6-3 脚下部連結部

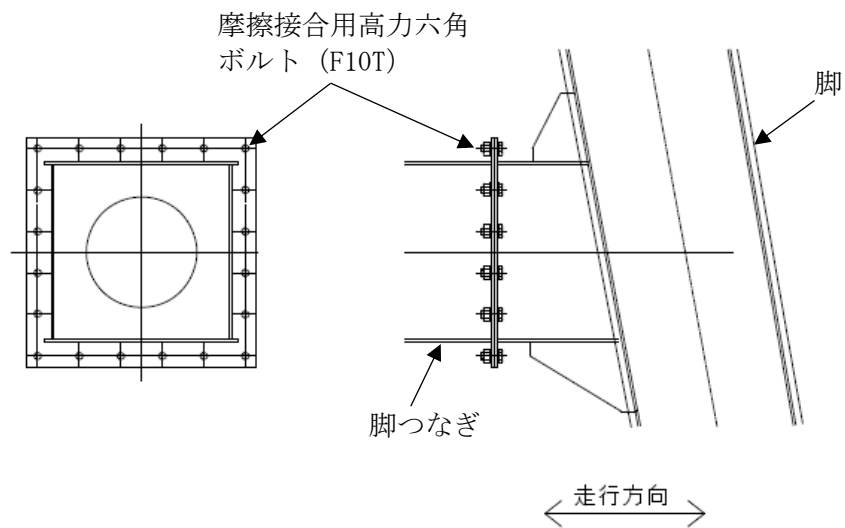


図 6-4 脚つなぎ連結部

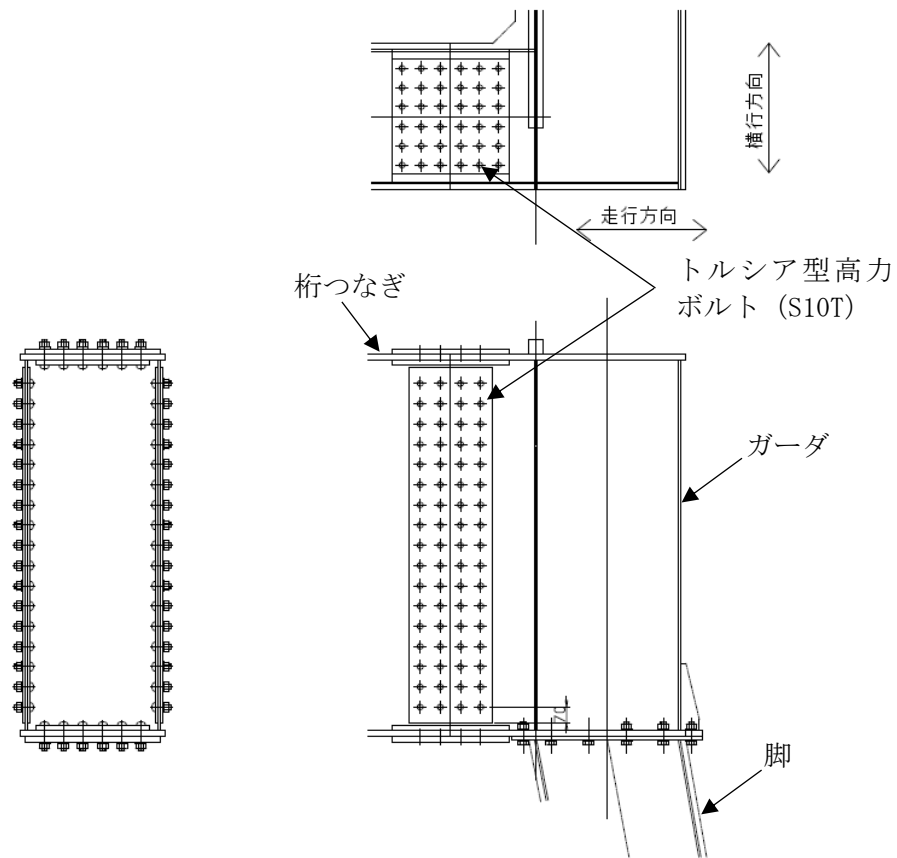


図 6-5 桁つなぎ連結部

6.3 走行浮上り防止治具の応力

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

(1) 走行浮上り防止爪（先端）に作用する応力

a. 曲げ応力： σ_{b2}

$$\sigma_{b2} = \begin{bmatrix} \sigma_{b2}^{(1)} \\ \vdots \\ \sigma_{b2}^{(b_2)} \end{bmatrix} \dots \quad (6.3.1)$$

σ_{h2} : 走行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力 (MPa)

b. せん断応力： τ

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

 τ_2 : 走行浮上り防止爪（先端）に作用するせん断応力 (MPa)

c. 組合せ応力： σ_{k2}

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

σ_{k2} : 走行浮上り防止爪（先端）に作用する組合せ応力 161 (MPa)

σ_{b2} : 走行浮上り防止爪（先端）に作用する曲げ応力 (MPa)

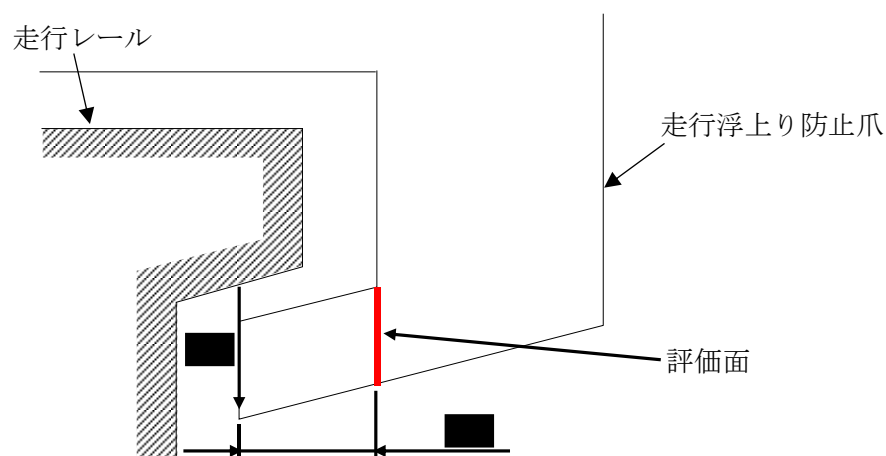
 τ_2 : 走行浮上り防止爪（先端）に作用するせん断応力 (MPa)

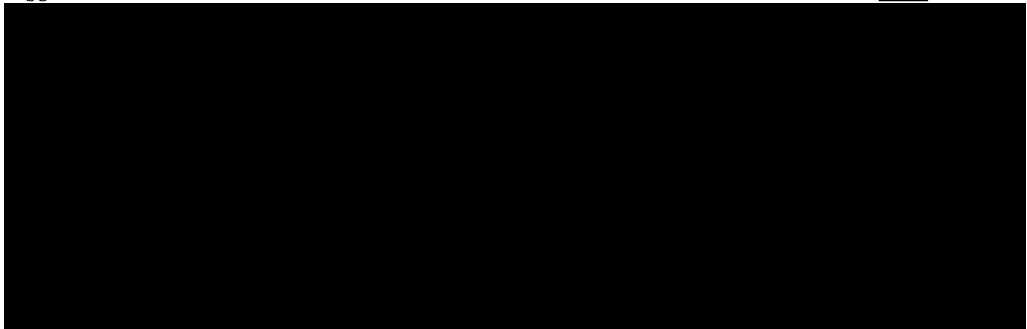
図 6-6 走行浮上り防止爪（先端）

(2) 走行浮上り防止爪（根本）に作用する応力

a. 曲げ応力： σ_{b3}

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

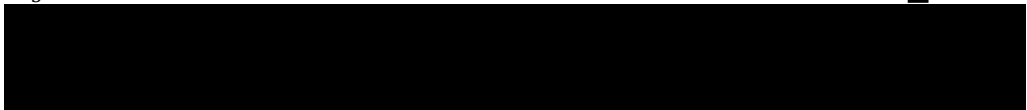
σ_{b3} : 走行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 $\text{ } (\text{MPa})$



b. せん断応力： τ_3

$$\tau_3 = \text{ } \dots\dots\dots (6.3.5)$$

τ_3 : 走行浮上り防止爪（根本）に作用するせん断応力 $\text{ } (\text{MPa})$



c. 組合せ応力： σ_{k3}

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

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

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

τ_3 : 走行浮上り防止爪（根本）に作用するせん断応力 $\text{ } (\text{MPa})$

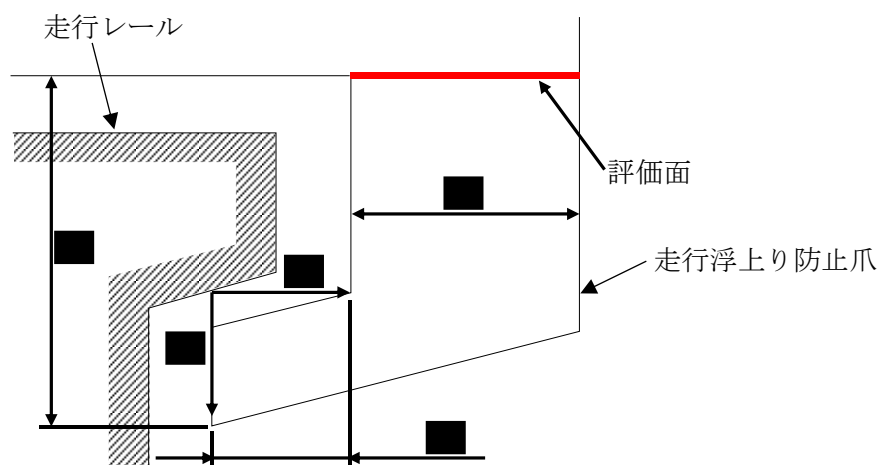


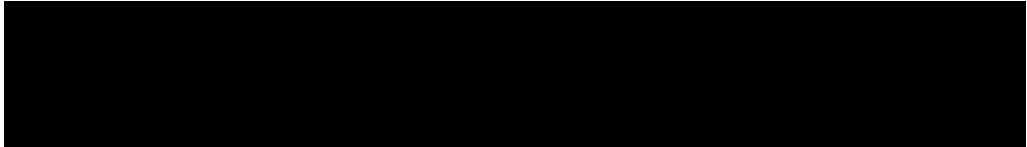
図 6-7 走行浮上り防止爪（根本）

(3) 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)のボルト1本当たりに作用する応力

a. 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する引張力： T_1

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

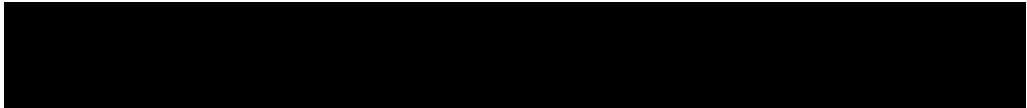
T_1 : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する [redacted] (N)
引張力



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

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

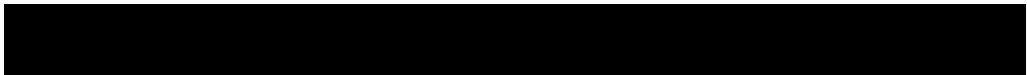
σ_{t3} : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する 147 (MPa)
引張応力



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

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

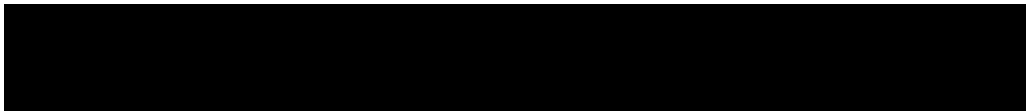
S_1 : 走行浮上り防止爪取付ボルト(A)1本当たりに作用する [redacted] (N)
せん断力



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

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

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



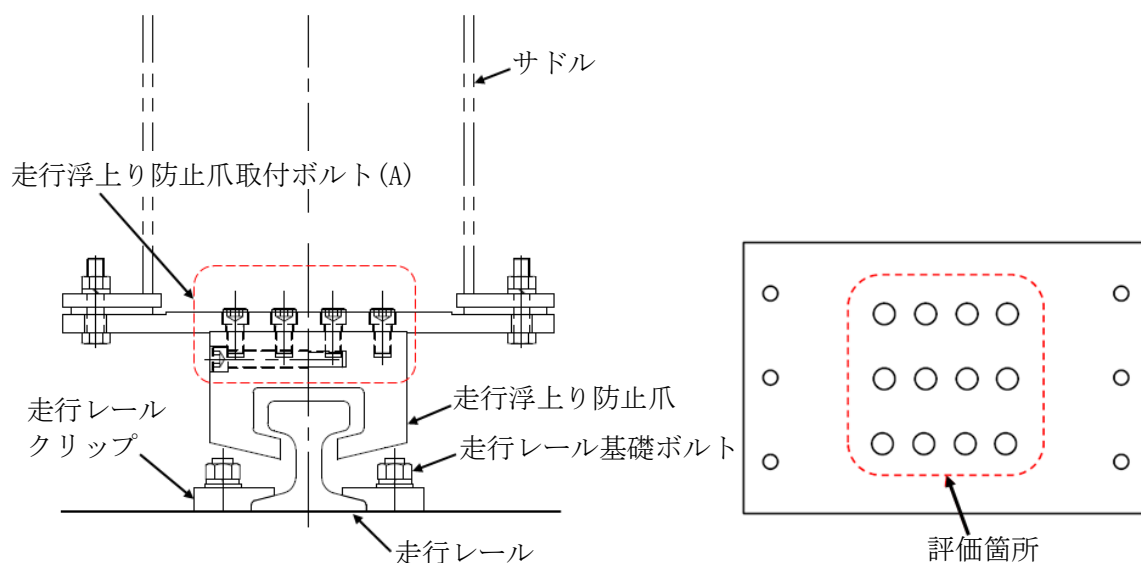


図 6-8 走行浮上り防止爪取付ボルト (A)

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

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

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

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

[redacted]

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

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

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

[redacted]

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

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

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

[redacted]

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

$$\sigma_{s3} = \frac{\text{走行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用するせん断力}}{\text{せん断面積}} \quad (6.3.14)$$

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

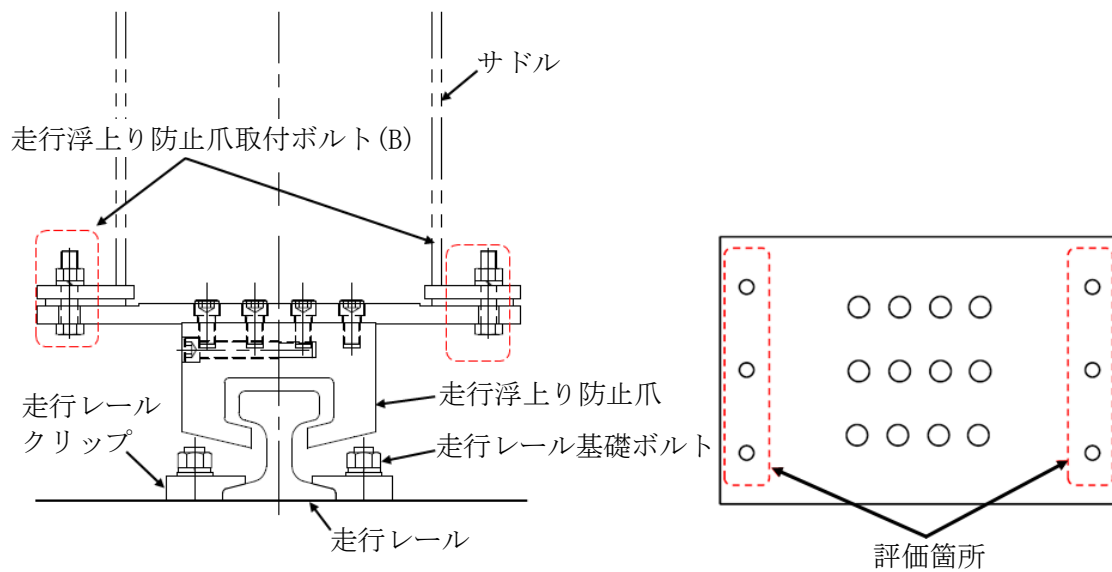


図 6-9 走行浮上り防止爪取付ボルト (B)

6.4 横行浮上り防止治具の応力

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

(1) 横行浮上り防止爪（先端）に作用する応力

a. 曲げ応力： σ_{b4}

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

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

b. せん断応力： σ_{s4}

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

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

c. 組合せ応力： σ_{k4}

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

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

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

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

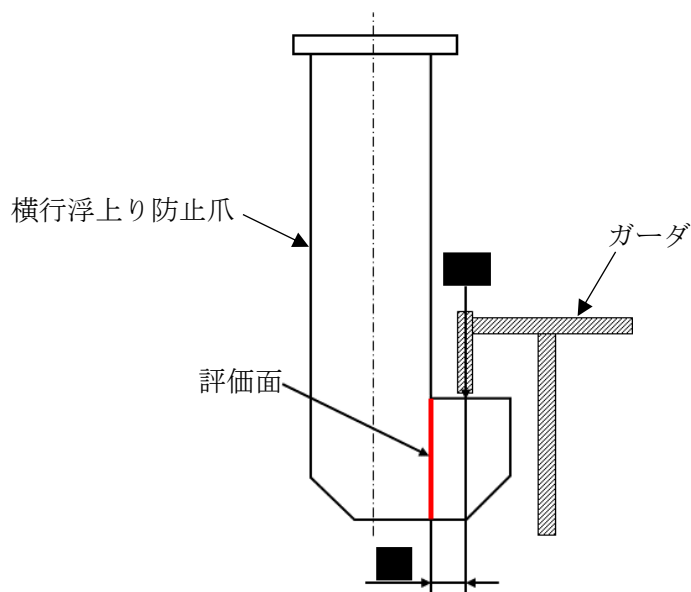


図 6-10 横行浮上り防止爪（先端）

a. 曲げ応力： σ_{b5}

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

σ_{b5} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 (MPa)

b. 引張応力： σ_{t5}

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

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

c. 組合せ応力： σ_{k5}

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

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

σ_{b5} : 横行浮上り防止爪（根本）に作用する曲げ応力 (MPa)

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

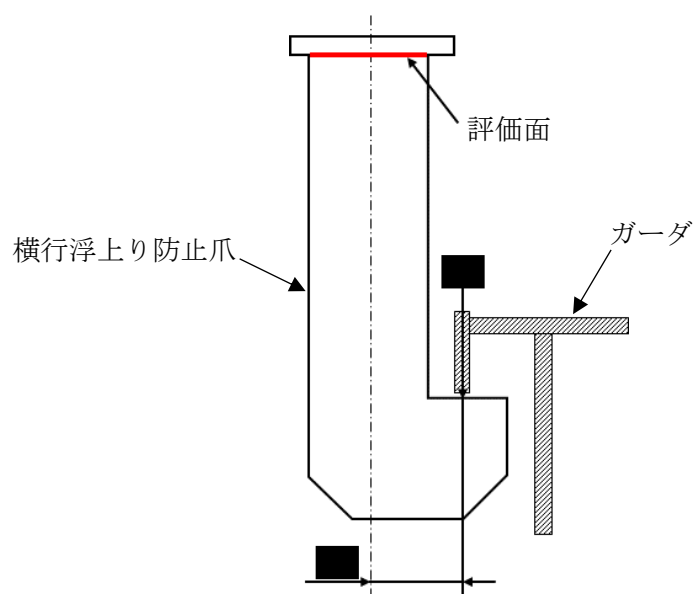


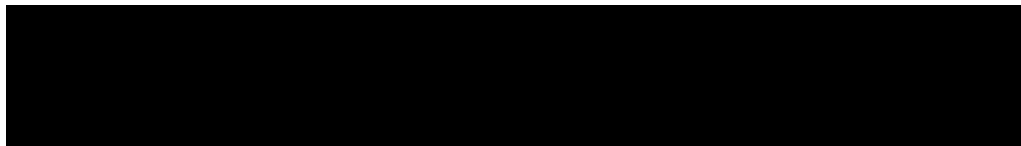
図 6-11 横行浮上り防止爪 (根本)

(3) 横行浮上り防止爪取付ボルトに作用する応力

- a. 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用する荷重： P_2

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

P_2 : 横行浮上り防止爪取付ボルト 1 本あたりに作用する荷重 [redacted] (N)



- b. 引張応力： σ_{t6}

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

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 378 (MPa)

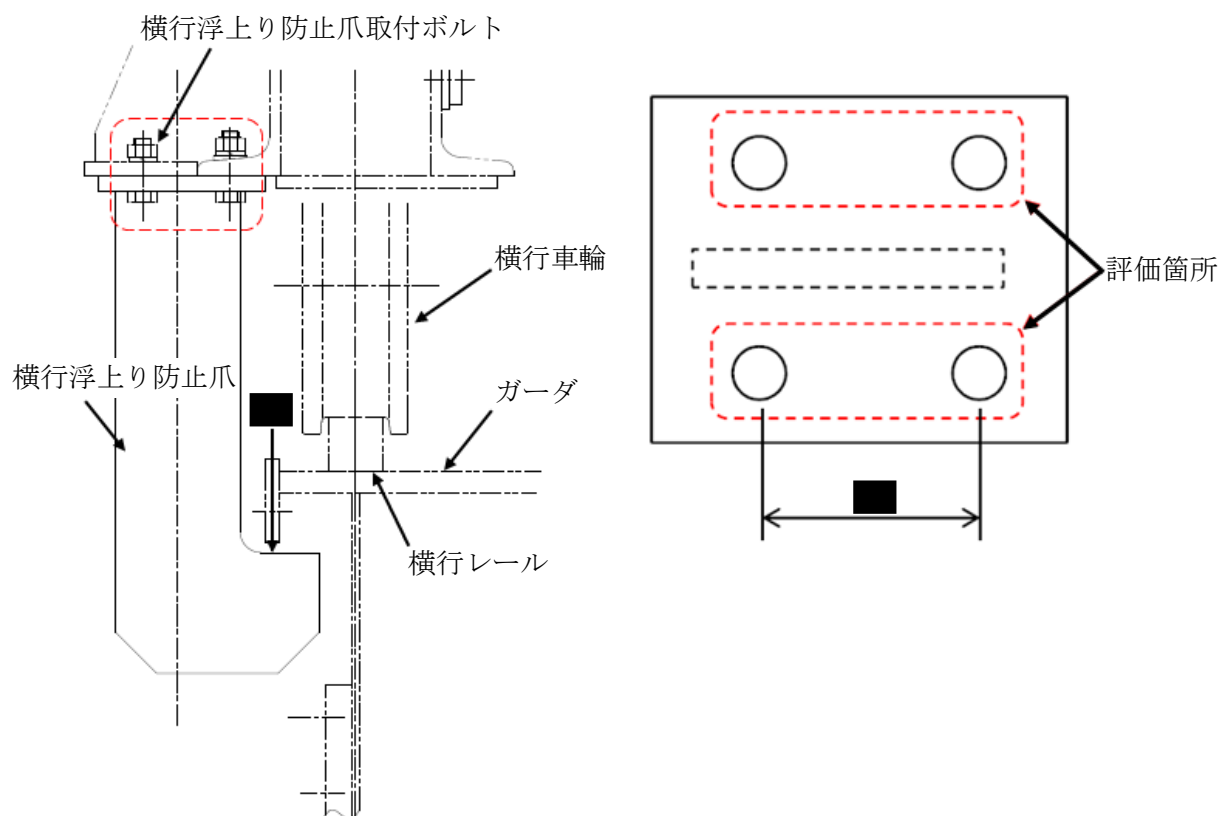
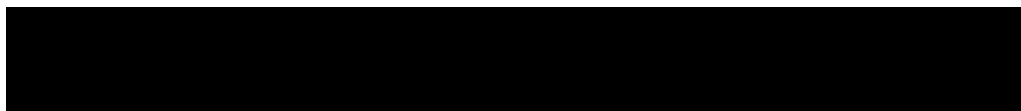


図 6-12 横行浮上り防止爪取付ボルト

6.5 走行レール取付部材の応力

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

(1) 一般部レールクリップ 1 個あたりに作用する応力

a. 曲げ応力： σ_{b6}

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

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

[Redacted]

(2) 連結部レールクリップ 1 個あたりに作用する応力

a. 曲げ応力： σ_{b7}

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

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

[Redacted]

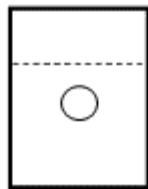
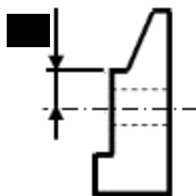


図 6-13 一般部レールクリップ

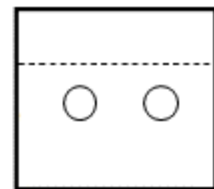
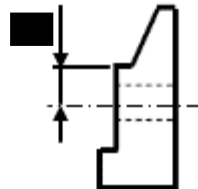


図 6-14 連結部レールクリップ

(3) 走行レールクリップ基礎ボルト 1 個あたりに作用する応力

a. 基礎ボルト 1 本あたりに作用する引張力： T_3

$$T_3 = \text{ } \dots\dots\dots (6.5.3)$$

T_3 : 基礎ボルト 1 本あたりに作用する引張力 (N)

b. 基礎ボルト 1 本あたりに作用する引張応力： σ_{t7}

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

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

c. 基礎ボルト 1 本あたりに作用するせん断力： S_3

$$S_3 = \text{ } \dots\dots\dots (6.5.5)$$

S_3 : 基礎ボルト 1 本あたりに作用するせん断力 (N)

d. 基礎ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力： σ_{s5}

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

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

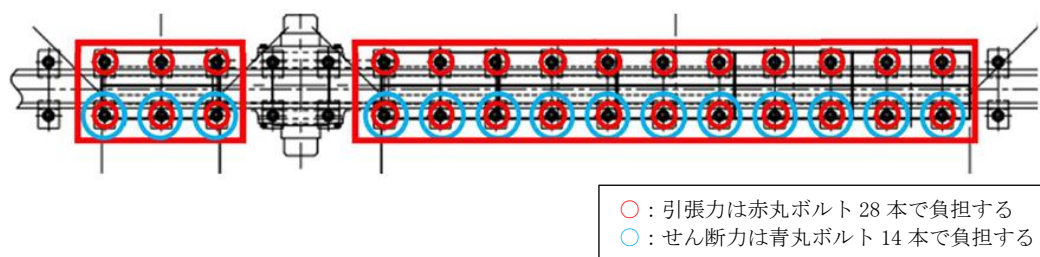


図 6-15 走行レールクリップ基礎ボルト

6.6 吊具の荷重計算方法

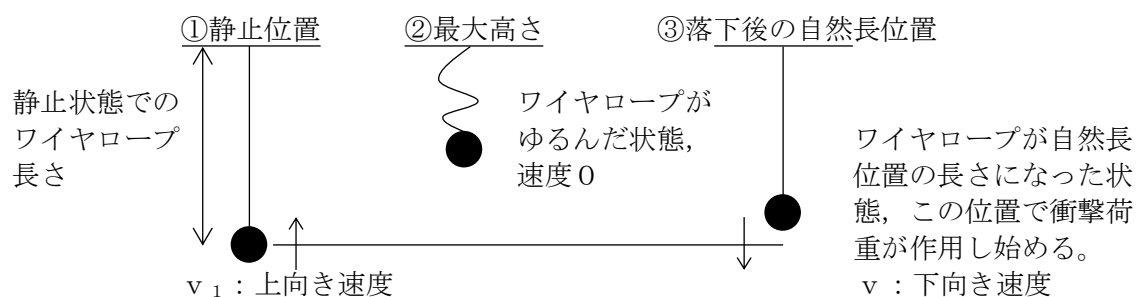
クレーンの吊具荷重を受ける各部は、クレーン本体、トロリ、ワイヤロープ及びフックで、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により落下に至る可能性があるワイヤロープとフックを評価対象とする。

ワイヤロープ及びフックの計算に当たっては、以下の基本事項で行うものとする。

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

(1) 吊荷の浮上り後の落下速度の算出

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



○下向き速度 v

②, ③まではエネルギー保存則より

下向き速度 v は

$$v < v_1$$

となるが、保守的に

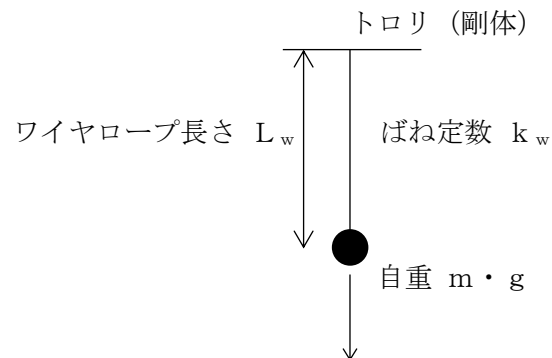
$$v = v_1$$

として評価を行う。

図 6-16 吊荷の浮上りの様子

(2) 吊荷の固有周期

以下のとおり，トロリを剛体としたときの吊荷の固有周期 T_w を算出する。



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

ここで，

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

k_w : ワイヤロープのばね定数 ■ (N/mm)

m : 吊荷の質量 30000 (kg)

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

ここで，

A_w : ワイヤロープ 1 本の断面積 ■ (mm²)

E_w : ワイヤロープの縦弾性係数 ■ (MPa)

L_w : ワイヤロープ長さ ■ (mm)

n_w : ワイヤロープ本数 ■ (-)

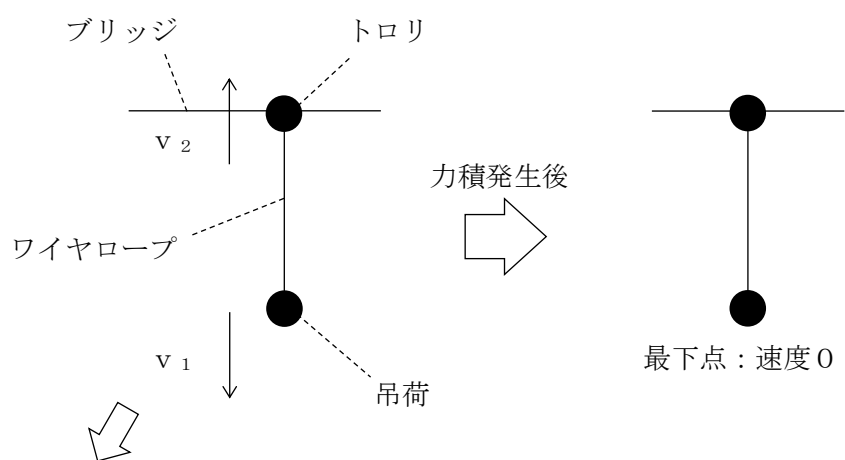
(3) 吊荷に作用する衝撃荷重

以下のとおり、ワイヤロープ、フックに作用する荷重Fを算出する。

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

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

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



相対速度 ($v_1 + v_2$) とする。

図 6-17 吊荷落下後の速度変化

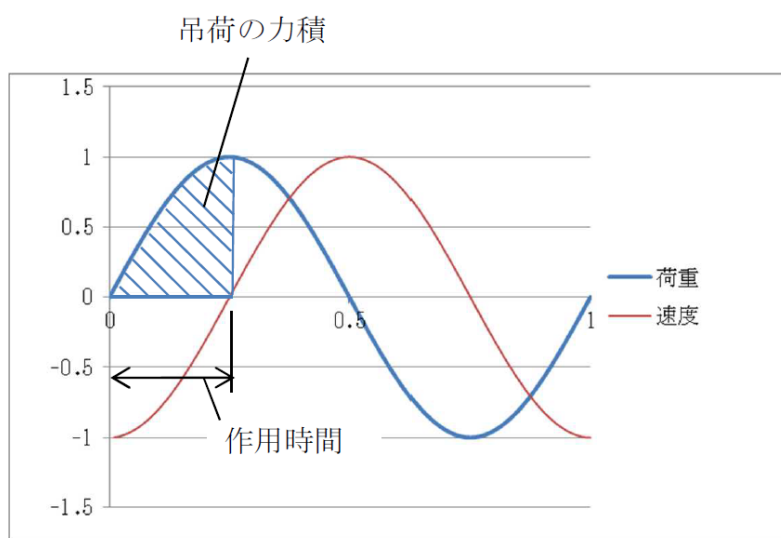


図 6-18 吊荷の力積の概念図

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

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

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

ここで，

F : 吊荷の浮上り後の落下によりワイヤロープ，フックに 1.042×10^6 (N)
発生する荷重

m : 吊荷の質量 30000 (kg)

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

v_1 : 吊荷の最大速度 $\blacksquare$ (mm/s)

v_2 : トロリの最大速度 $\blacksquare$ (mm/s)

大型廃棄物保管庫建屋の構造強度及び耐震性について

1. 概要

1. 1 一般事項

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

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

見直し後の耐震クラス分類は、新耐震方針を踏まえ、安全機能の重要度、地震によって機能の喪失を起こした場合における公衆への被ばく影響を評価した結果、Cクラスとなる。

大型廃棄物保管庫建屋の構造強度は、Cクラス設備に要求される静的地震力に対して許容応力度設計を実施し、耐震性のうち機能維持の検討は、基準地震動 Ss（最大加速度 900gal，以下，「Ss900」という）に対する地震応答解析を実施し、使用済吸着塔等の間接支持機能が維持されることを確認する。

大型廃棄物保管庫建屋の耐震性のうち波及的影響の防止の検討は、Ss900 に対する地震応答解析を実施し、大型廃棄物保管庫建屋の損傷が使用済吸着塔等に波及的影響を及ぼさないことを確認する。ここで、波及的影響は、大型廃棄物保管庫建屋が崩壊機構に至らないことを確認する。

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

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

1. 2 構造概要

大型廃棄物保管庫建屋は，東西方向 23.35m，南北方向 186.2m，高さ 22.85m の建物であり，構造形式は鉄骨造である。また，屋根及び基礎は鉄筋コンクリート造，外壁についてはプレキャスト版（PCa 版）を使用している。

大型廃棄物保管庫建屋の東側には，建屋の耐震性を向上するために，鉄骨によるフレームを設置している。

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

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



図 1.2-1 (1) 配置図

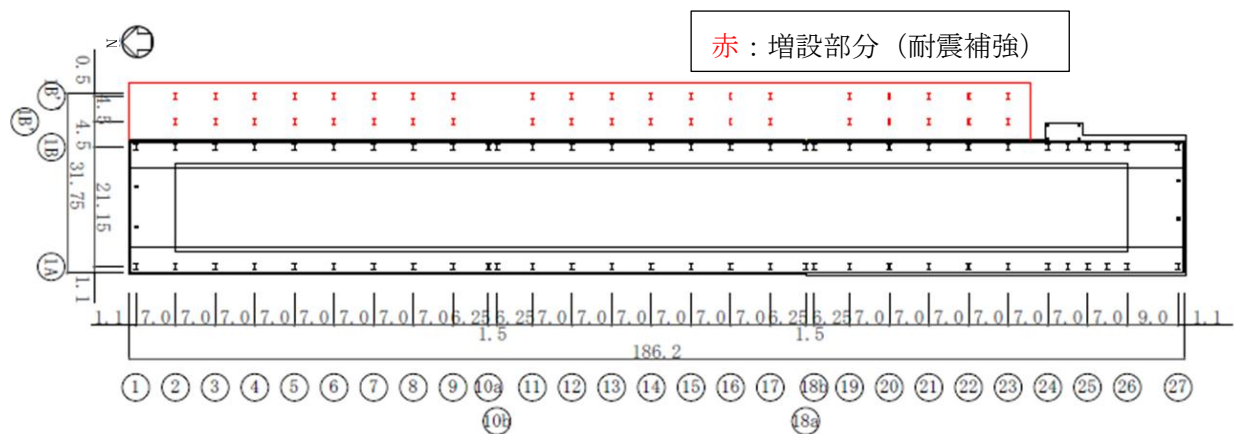


図 1.2-1 (2) 1 階平面図 (G. L. +0.635) (単位 : m)

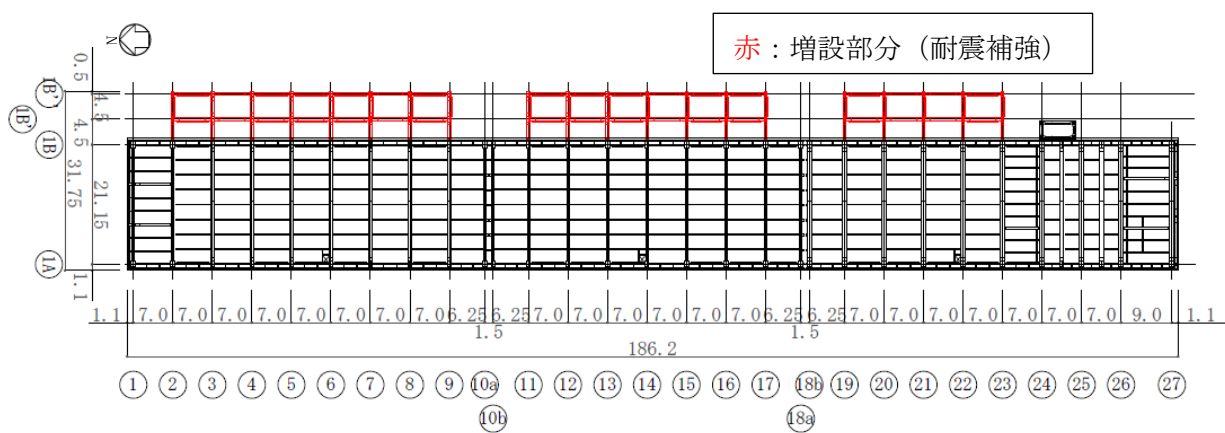


図 1.2-1 (3) 2 階平面図 (G. L. +16.650) (単位 : m)

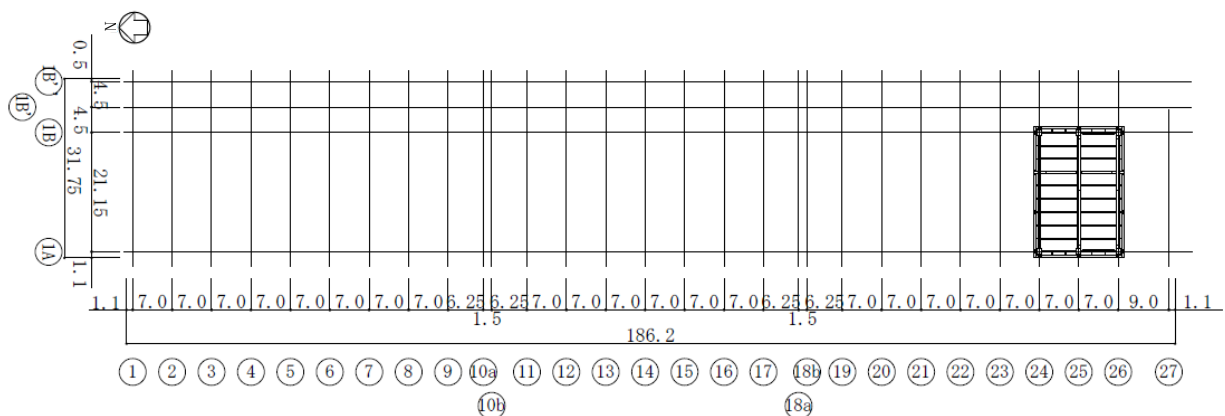


図 1.2-1 (4) 屋上階平面図 (G. L. +22.850) (単位 : m)

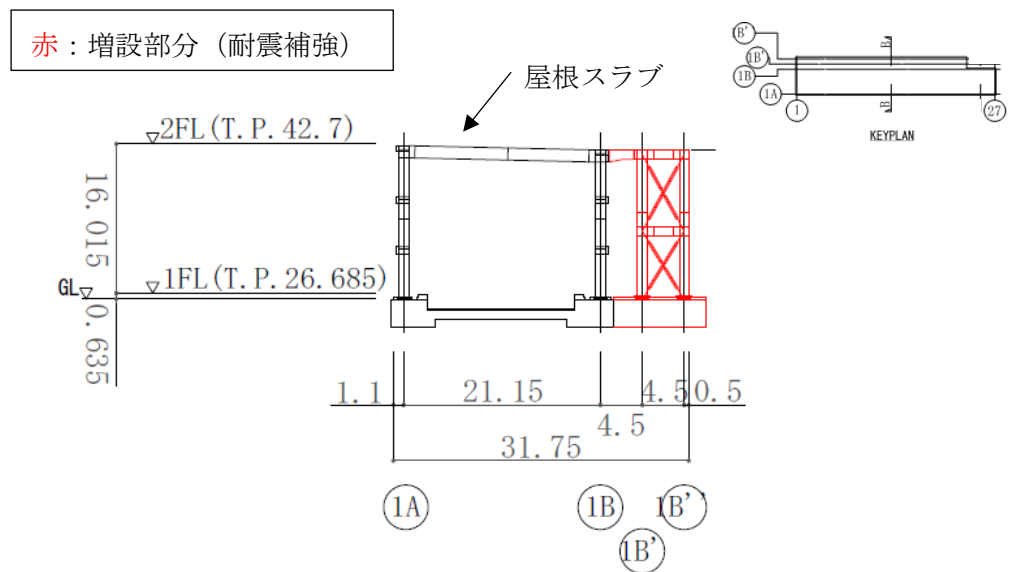


図 1. 2-1 (6) B-B 断面図 (EW 方向) (単位：m)

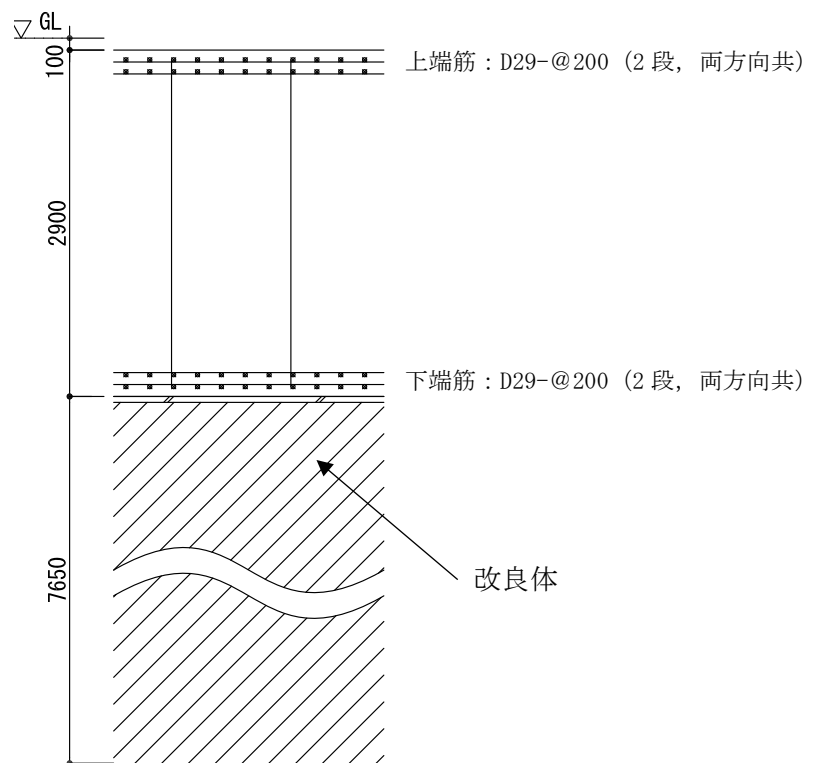


図 1. 2-2 基礎配筋図 (一般部) (単位：mm)

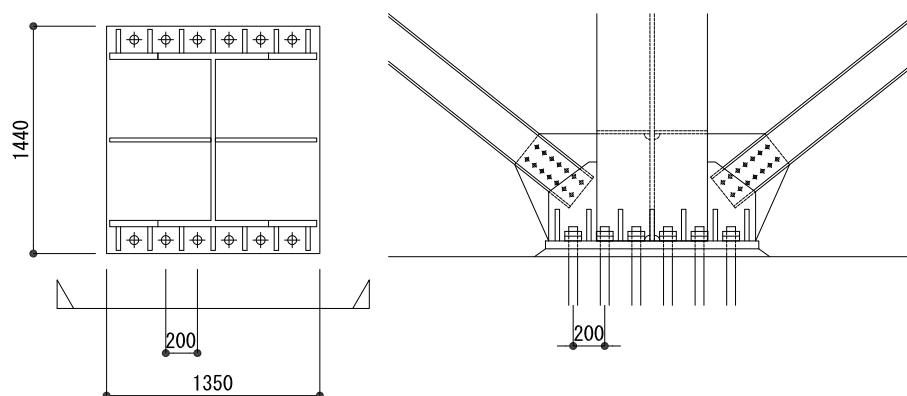


图 1.2-3 柱脚部断面图 (单位 : mm)

1. 3 検討フロー

大型廃棄物保管庫建屋の構造強度及び耐震性の検討フローを図 1. 3-1 に示す。

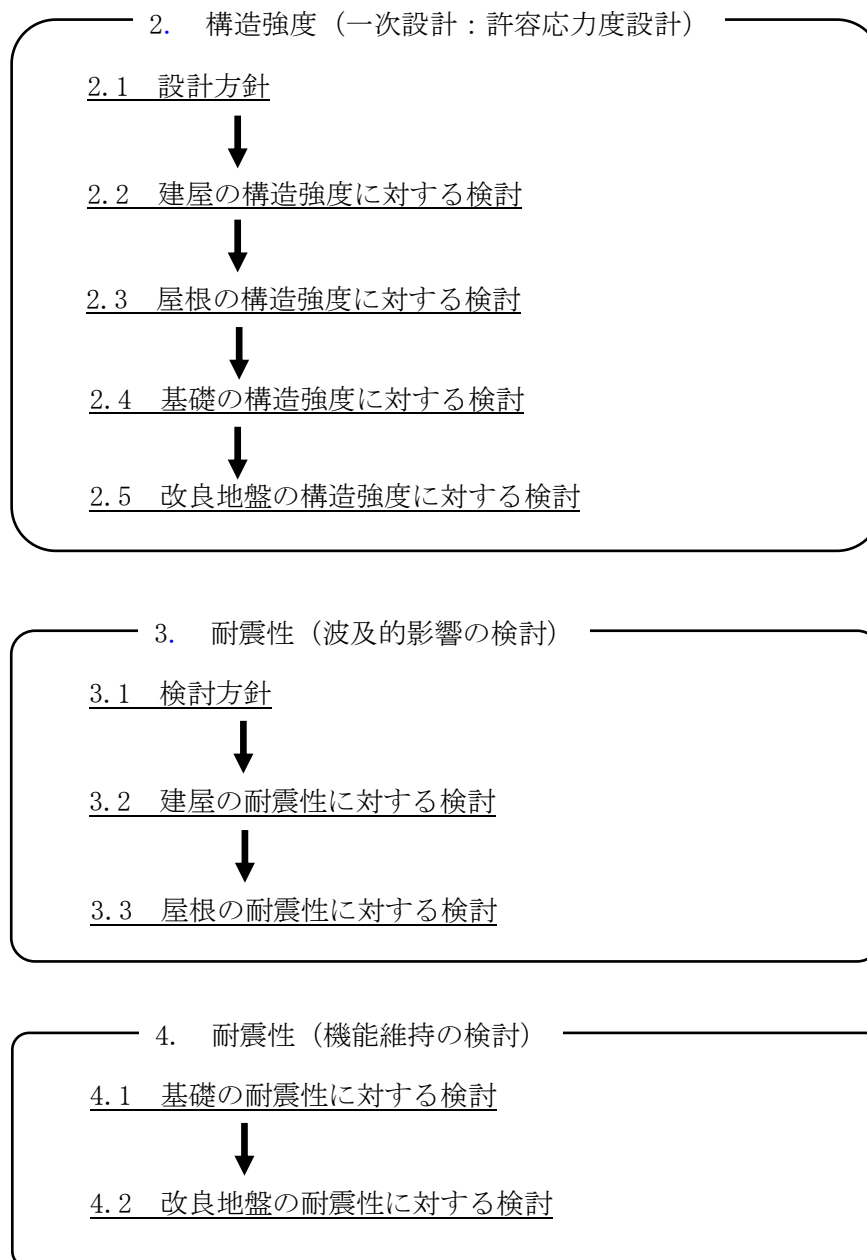


図 1. 3-1 大型廃棄物保管庫建屋の検討フロー

2. 構造強度（一次設計：許容応力度設計）

2. 1 設計方針

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

図 2.1-1 に C クラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順を示す。

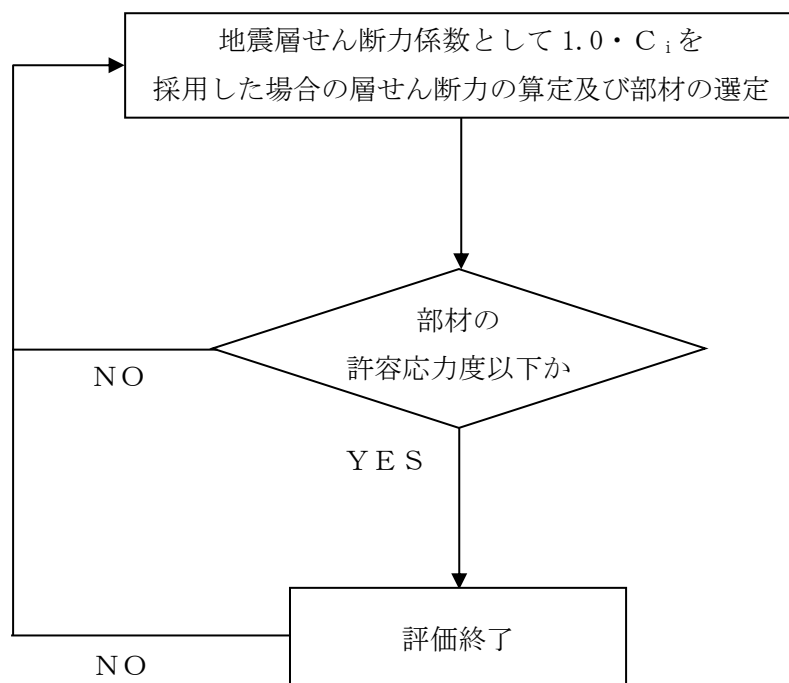


図 2.1-1 C クラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順

(1) 使用材料及び許容応力度

使用材料の物性値及び許容応力度を表 2.1-1 に示す。

表 2.1-1 (1) 使用材料の物性値及び許容応力度

材料定数

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

コンクリートの許容応力度*

(単位 : N/mm²)

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

* : RC-N規準による。

鉄筋の許容応力度*

(単位 : N/mm²)

記号	鉄筋径	長期		短期	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A		195	195	295	295
SD295		195	195	295	295
SD345	D25 以下	215	195	345	345
SD390	D25 以下	215	195	390	390
	D29 以上	195			

* : RC-N規準による。

表 2. 1-1 (2) 使用材料の物性値及び許容応力度

構造用鋼材の許容応力度*

(単位：N/mm²)

板厚	F 値	長期		短期	
		引張・ 圧縮・曲げ	せん断	引張・ 圧縮・曲げ	せん断
SS400	235	156	90	235	135
SN400B SN400C	235	156	90	235	135
SN490B SN490C	325	216	125	325	187
TMCP325C	325	216	125	325	187

*1：建築基準法施行令第 90 条及び平 12 建告第 2464 号第 1 による。

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

アンカーボルトの許容応力度

(単位：N/mm²)

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

(2) 解析モデル

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

(3) 荷重及び荷重組合せ

設計で考慮する荷重を以下に示す。

1) 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重は，固定荷重，配管荷重，積載荷重及びクレーン荷重とする。

2) 積雪荷重 (SL)

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

- ・積雪量 : 30cm
- ・単位荷重 : $20\text{N/m}^2/\text{cm}$

3) 風圧力 (WL)

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

表 2.1-2 速度圧の算定結果

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

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

4) 地震荷重 (K)

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

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

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

ここで、

Q_i : 層せん断力 (kN)

n : 施設の重要度に応じた係数

建築基準法で定める地震力の 1.0 倍を考慮する。

C_i : 地震層せん断力係数

W_i : 当該部分が支える重量 (kN)

Z : 地震地域係数 ($Z=1.0$)

R_t : 振動特性係数 ($R_t=1.0$)

A_i : 地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 ($C_0=0.2$)

算定結果を表 2.1-3 に示す。

表 2.1-3 水平地震力の算定結果 (南棟)

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

5) 荷重組合せ

設計で考慮する荷重組合せを表 2.1-4 に示す。

表 2.1-4 荷重組合せ

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

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

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

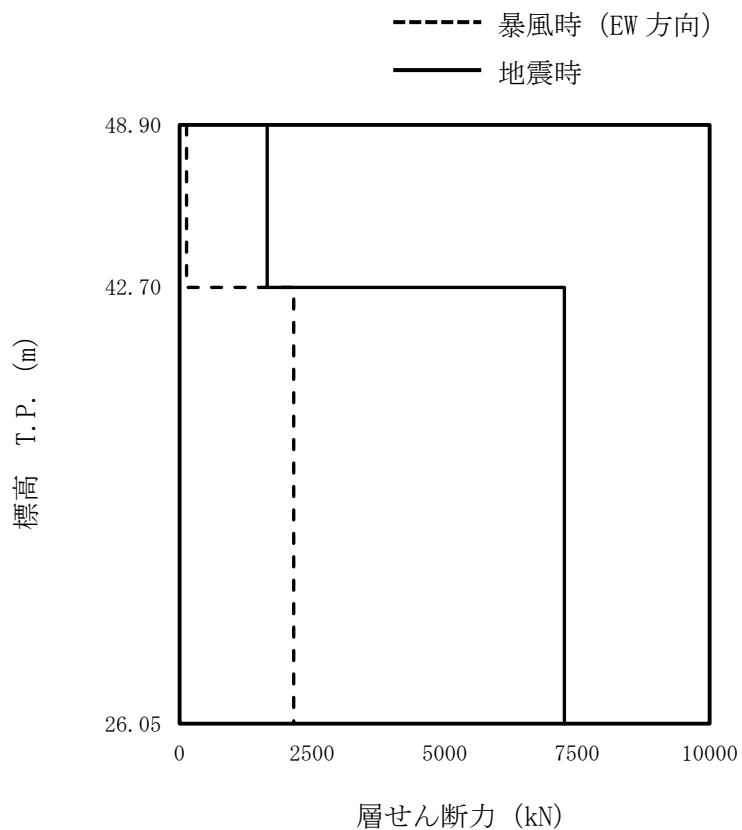


図 2.1-2 地震時と暴風時の層せん断力の比較（南棟，EW 方向）

2. 2 建屋の構造強度に対する検討

(1) 断面検討

建屋の応力解析は柱、梁及び鉛直ブレースを線材置換した立体モデルにより行う。

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

1) 柱の応力度検討

柱部材の応力度比は、S 規準に従い、下式にて検討を行う。

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

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

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

ここで、 σ_c : 圧縮応力度 ($\sigma_c = \frac{N}{A}$) (N/mm²)

σ_t : 引張応力度 ($\sigma_t = \frac{T}{A}$) (N/mm²)

σ_b : 曲げ応力度 ($\sigma_b = \frac{M}{Z}$) (N/mm²)

τ : せん断応力度 ($\tau = \frac{Q}{A_w}$) (N/mm²)

N : 圧縮軸力 (N)

T : 引張軸力 (N)

A : 断面積 (mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm³)

Q : 設計用せん断力 (N)

A_w : ウェブ有効断面積 (mm²)

f_c : 許容圧縮応力度 (N/mm²)

f_t : 許容引張応力度 (N/mm²)

f_b : 許容曲げ応力度 (N/mm²)

f_s : 許容せん断応力度 (N/mm²)

2) 梁の応力度検討

梁部材の応力度比は、S 規準に従い、下式にて検討を行う。

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

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

ここで、 σ_b : 曲げ応力度 ($\sigma_b = \frac{M}{Z}$) (N/mm²)

τ : せん断応力度 ($\tau = \frac{Q}{A_w}$) (N/mm²)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm³)

Q : 設計用せん断力 (N)

A_w : ウェブ有効断面積 (mm²)

f_b : 許容曲げ応力度 (N/mm²)

f_s : 許容せん断応力度 (N/mm²)

3) 鉛直ブレースの応力度検討

鉛直ブレース部材の応力度比は、S 規準に従い、下式にて検討を行う。

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

ここで、 σ_t : 引張応力度 ($\sigma_t = \frac{T}{A}$) (N/mm²)

T : 引張軸力 (N)

A : 断面積 (mm²)

f_t : 許容引張応力度 (N/mm²)

表 2. 2-1 断面検討結果（大型廃棄物保管庫建屋，常時）

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

表 2. 2-2 断面検討結果（大型廃棄物保管庫建屋，地震時）

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

2. 3 屋根の構造強度に対する検討

(1) 断面検討

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

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

1) 曲げモーメントに対する応力度検討

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

ここで、 M : 曲げモーメント (N・mm)
 M_a : 許容曲げモーメント ($M_a = a_t f_t j$) (N・mm)
 a_t : 設計配筋量 (mm²)
 j : 応力中心間距離 ($j = 7/8 d$) (mm)
 d : 有効せい (mm)

2) 面外せん断に対する応力度検討

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

ここで、 τ : せん断応力度 ($\tau = \frac{Q}{bj}$) (N/mm²)
 Q : 設計用せん断力 (N)
 b : 単位幅 (mm)

表 2.3-1 断面検討結果 (大型廃棄物保管庫建屋, 屋根)

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

2. 4 基礎の構造強度に対する検討

(1) 検討方針

基礎の応力解析は， 3 次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析を行う。

(2) 解析モデル

1) モデル化の基本方針

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

2) 境界条件

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

*：山原浩，「環境保全のための防振設計」，彰国社

図2.4-1 解析モデル図(単位:m)

(3) 断面検討

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

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

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

表 2.4-1 (1) 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果 (常時)

荷重 ケース	要素 番号	軸力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	必要鉄筋比 (%)	設計鉄筋比 (%)	検定比
C	8027	5	2129	0.149	0.22	0.68

表 2.4-1 (2) 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果 (地震時)

荷重 ケース	要素 番号	軸力 (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)	必要鉄筋比 (%)	設計鉄筋比 (%)	検定比
E1	2741	117	1902	0.070	0.22	0.32

表 2.4-2 (1) 面外せん断力に対する検討結果 (常時)

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

表 2.4-2 (2) 面外せん断力に対する検討結果 (地震時)

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

2. 5 改良地盤の構造強度に対する検討

(1) 設計方針

建屋を支持する改良地盤は、基礎直下の地盤を南北方向に 187.8m、東西方向に 35.2m、改良地盤厚さ 8.45m とし、G.L. -10.60m の泥岩に支持する。

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

(2) 改良地盤の検討

改良地盤に生じる最大応力と許容支持力度の比較を、検定比が最大となる位置について表 2.5-1 及び表 2.5-2 に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力が許容支持力度以下であることを確認した。

表 2.5-1 改良地盤の接地圧と許容支持力度の比較（常時）

検討位置	接地圧 (kN/m ²)	許容支持力度 (kN/m ²)	検定比
1A-1B/24-25 通り	173	333	0.52

表 2.5-2 改良地盤の接地圧と許容支持力度の比較（地震時）

検討位置	接地圧 (kN/m ²)	許容支持力度 (kN/m ²)	検定比
1A-1B/25-26 通り	227	666	0.35

3. 耐震性（波及的影響の検討）

3. 1 検討方針

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

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

（1）解析に用いる入力地震動

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

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

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

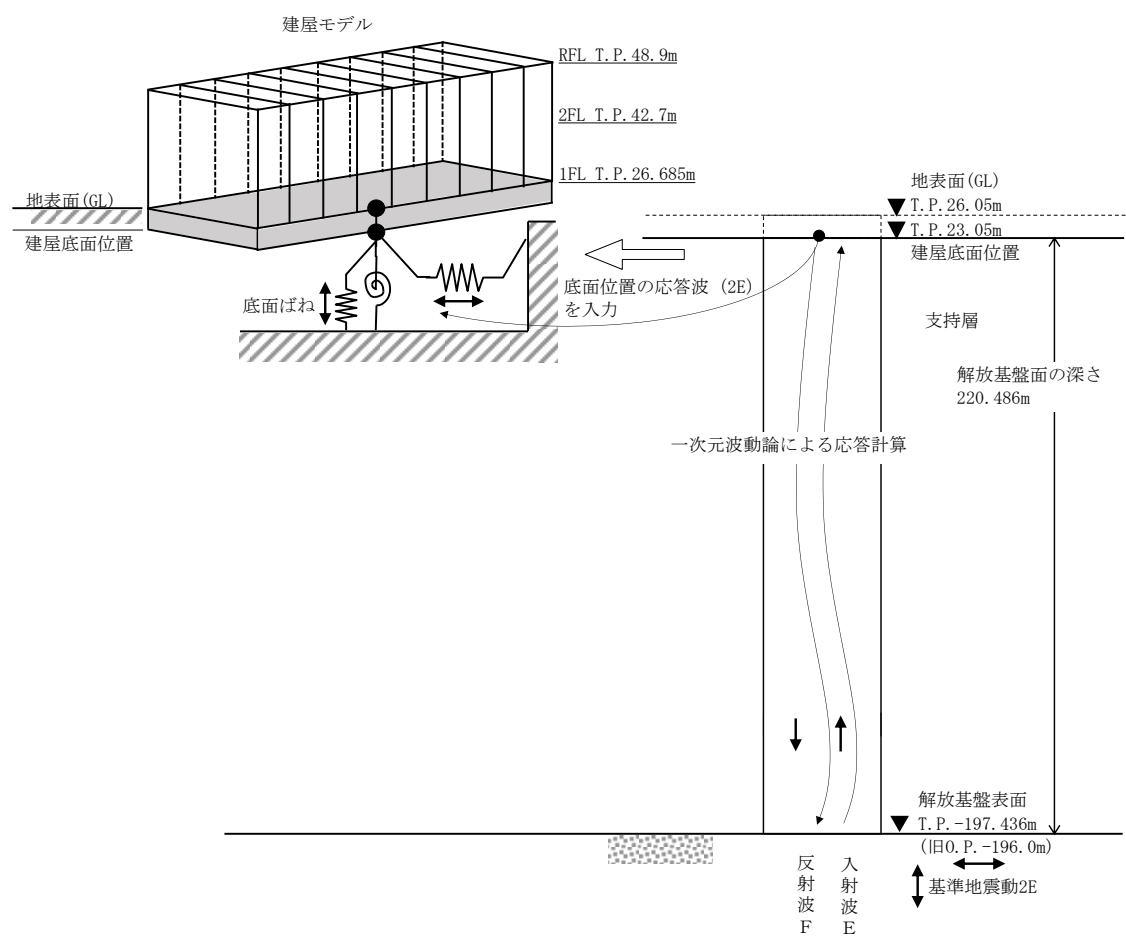
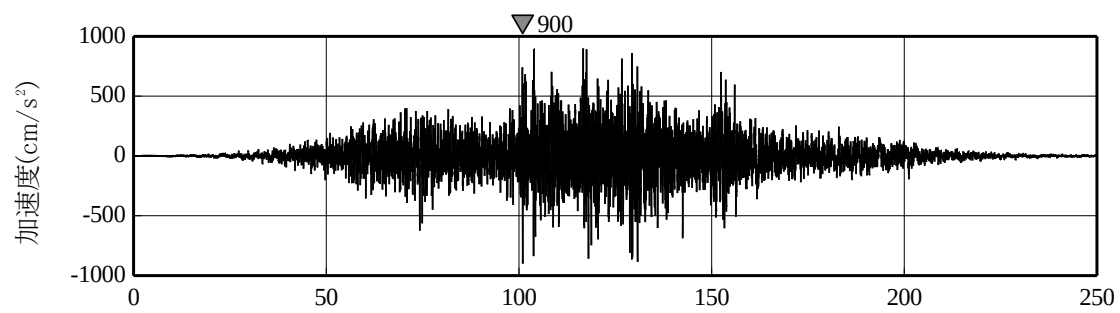
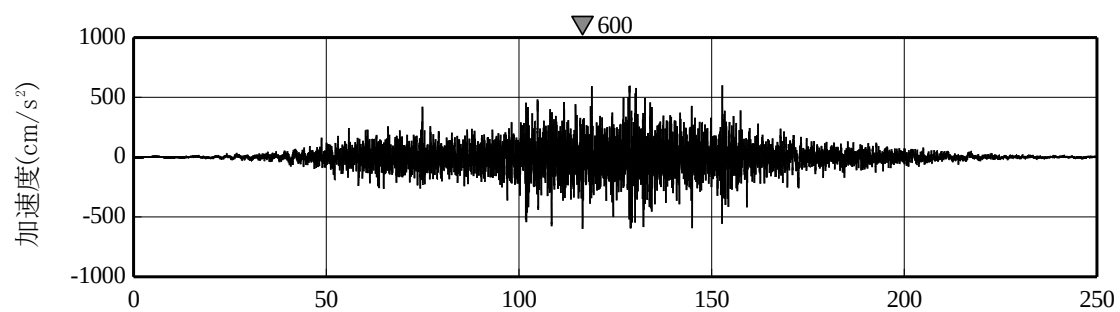


図 3. 1-1 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図



時間(秒)
(a) 水平方向



時間(秒)
(b) 鉛直方向

図 3.1-2 (1) 解放基盤表面における地震動の加速度時刻歴波形 (Ss900-1)

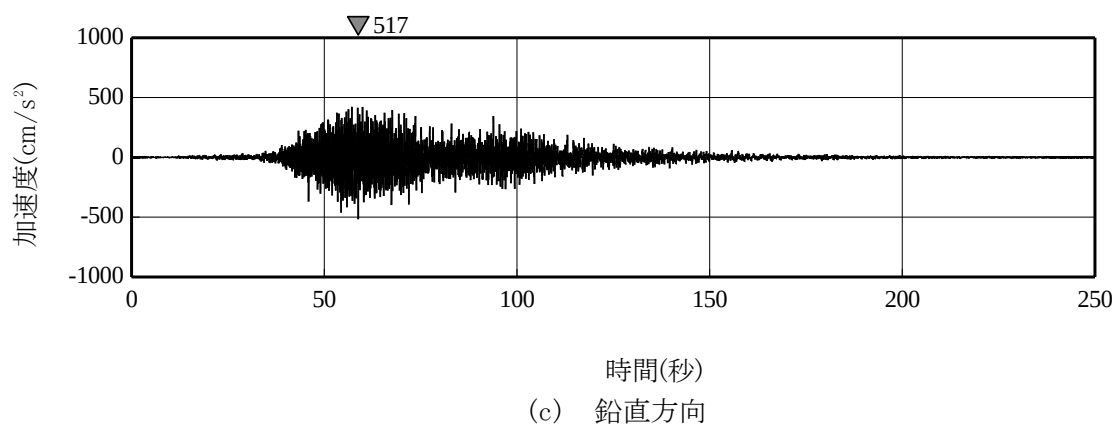
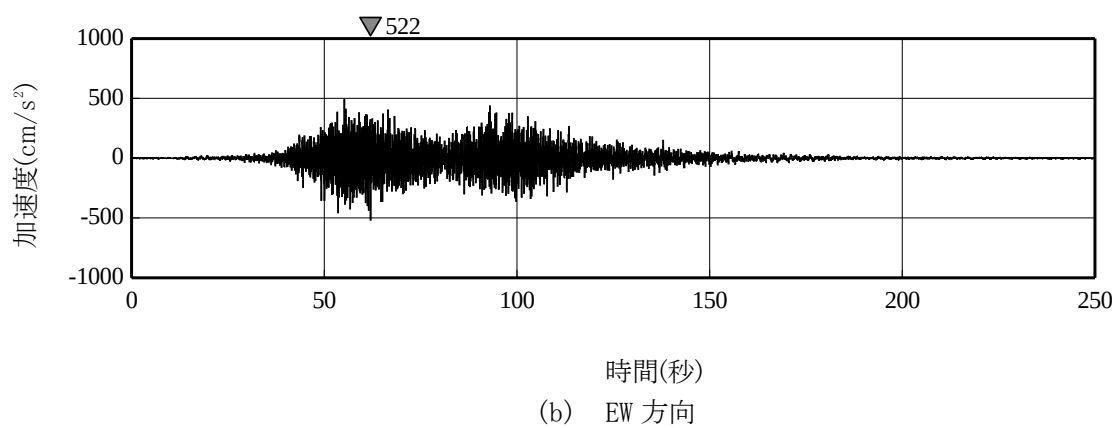
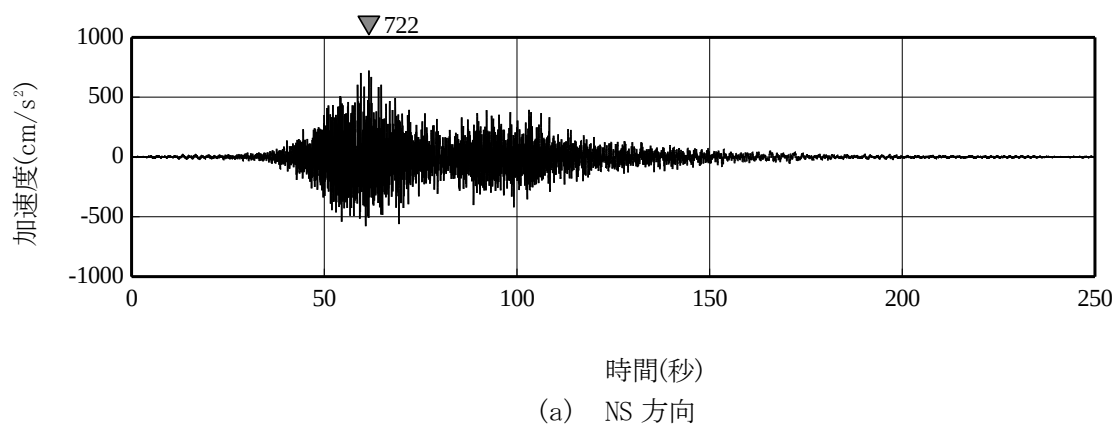


図 3.1-2 (2) 解放基盤表面における地震動の加速度時刻歴波形 (Ss900-2)

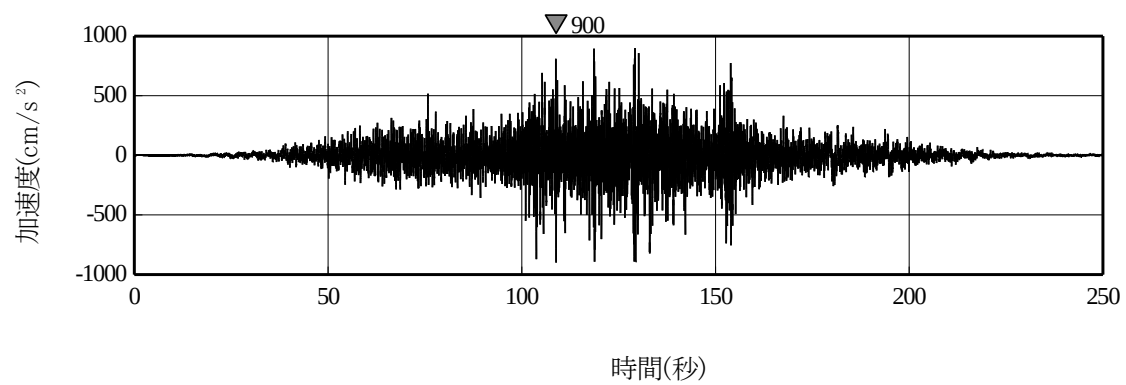


図 3.1-3 Ss900-1 (水平方向) と組み合わせる模擬地震波

(2) 地震応答解析モデル

1) 地盤モデルの設定

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

表 3.1-1 地盤定数の設定結果

(a) Ss900-1

T. P. (m)	層厚 (m)	地質	単位体 積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん 断波速度 V_{S0} (m/s)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	せん断 波速度 V_s (m/s)	縦波 速度 V_p (m/s)	減衰 定数 h (%)
23.05～ 15.40	7.65	改良 地盤	17.8	0.260	360	2.35	2.23	0.95	350	620	3
15.40～ -74.436	89.8 36	泥岩	17.0	0.459	470	3.83	2.53	0.66	380	1390	3
-74.436～ -100.436	26.0		17.4	0.447	530	4.98	3.19	0.64	420	1370	4
-100.436～ -182.436	82.0		17.4	0.443	580	5.97	4.06	0.68	480	1500	4
-182.436～ -197.436	15.0		17.6	0.410	750	10.1	7.88	0.78	660	1700	3
-197.436～	-	(解放 基盤)	17.6	0.410	750	10.1	10.1	-	750	1920	-

(b) Ss900-2

T. P. (m)	層厚 (m)	地質	単位体 積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン 比 ν	初期せん 断波速度 V_{S0} (m/s)	初期せん断 弾性係数 G_0 ($\times 10^5$ kN/m ²)	せん断 弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G_0	せん断 波速度 V_s (m/s)	縦波 速度 V_p (m/s)	減衰 定数 h (%)
23.05～ 15.40	7.65	改良 地盤	17.8	0.260	360	2.35	2.28	0.97	350	620	3
15.40～ -74.436	89.8 36	泥岩	17.0	0.459	470	3.83	3.14	0.82	430	1550	3
-74.436～ -100.436	26.0		17.4	0.447	530	4.98	3.98	0.80	470	1530	3
-100.436～ -182.436	82.0		17.4	0.443	580	5.97	4.78	0.80	520	1620	3
-182.436～ -197.436	15.0		17.6	0.410	750	10.1	8.48	0.84	690	1760	3
-197.436～	-	(解放 基盤)	17.6	0.410	750	10.1	10.1	-	750	1920	-

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

*：山原浩，「環境保全のための防振設計」，彰国社

2) 建屋モデルの設定

建屋の地震応答解析モデルは、3次元フレームモデルとして、柱、大梁、ブレース、小梁及び屋根スラブをモデル化する。建屋の地震応答解析は、解析コード「DYNASE」による動的解析（非線形）を行う。

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

屋根スラブは柱梁及び小梁の節点で囲われた範囲を平面薄肉シェルとする。

柱脚は露出柱脚とし、柱脚ばねを設定する。

基礎は質点系に集約し、地盤との動的層相互作用を考慮した地盤ばねを考慮する。

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

表 3.1-2 地震応答解析に用いる物性値

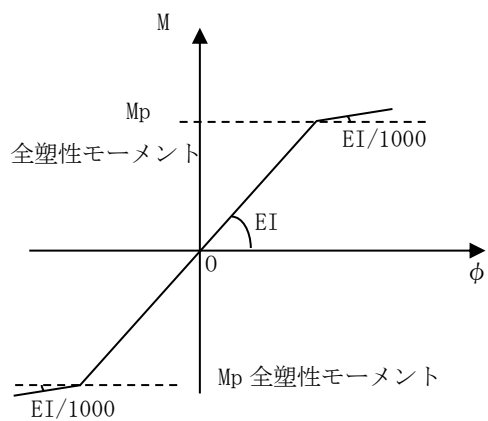
材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量 γ (kN/m ³)	減衰定数 h (%)
鉄骨	2.05×10^5	0.3	77	2
コンクリート	2.27×10^4	0.2	24	5

表 3.1-3 構成部材のモデル概要

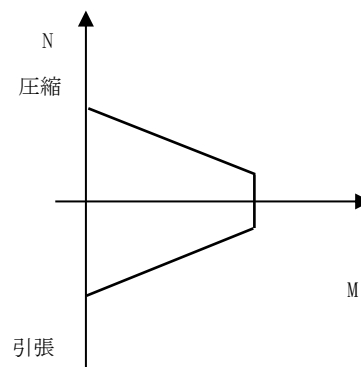
種別	構成部材	モデル要素	備考
鉄骨部	柱	ビーム要素*1	端部を剛塑性ばねとして、曲げ及び軸力変動を考慮した非線形要素（バイリニア型）
	大梁	ビーム要素	端部に剛塑性ばねを考慮した非線形要素（バイリニア型）
	小梁	ビーム要素	線形要素
	ブレース	ロッド要素*2	引張耐力及び座屈耐力低下を考慮した修正若林モデル

*1：ビーム要素：軸剛性、曲げ剛性、せん断剛性を持つ線材要素

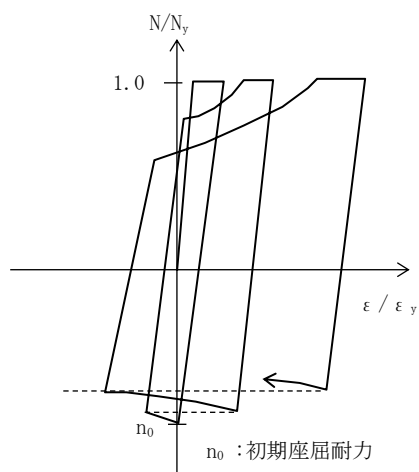
*2：ロッド要素：軸剛性のみを持つ線材要素



梁・柱の $M-\phi$ 特性



柱の $M-N$ 曲線



ブレースの復元力特性
(修正若林モデル)

図 3.1-4 構成部材の非線形特性

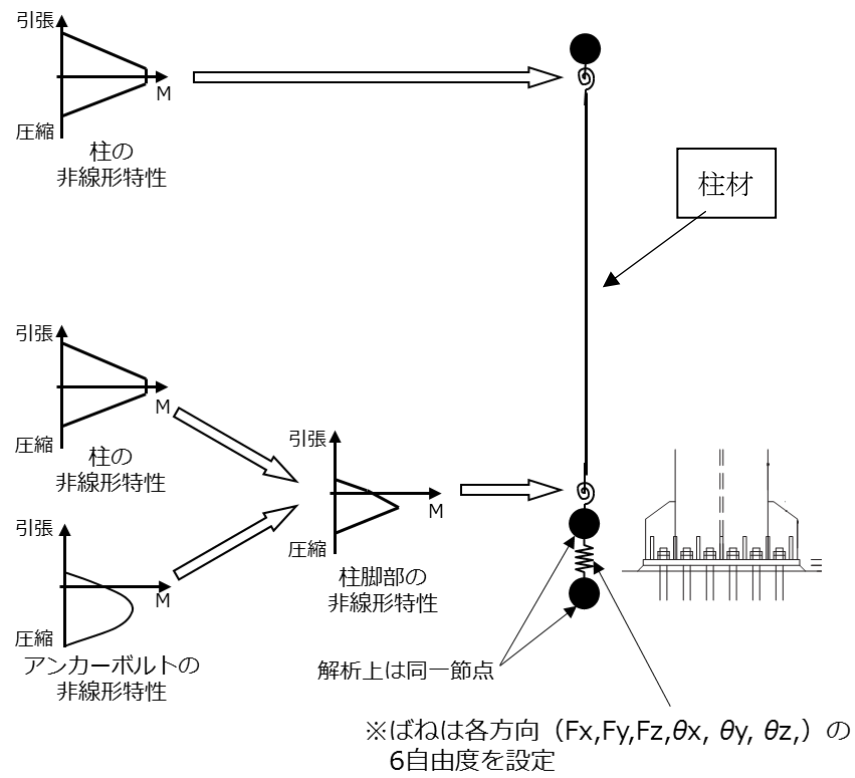
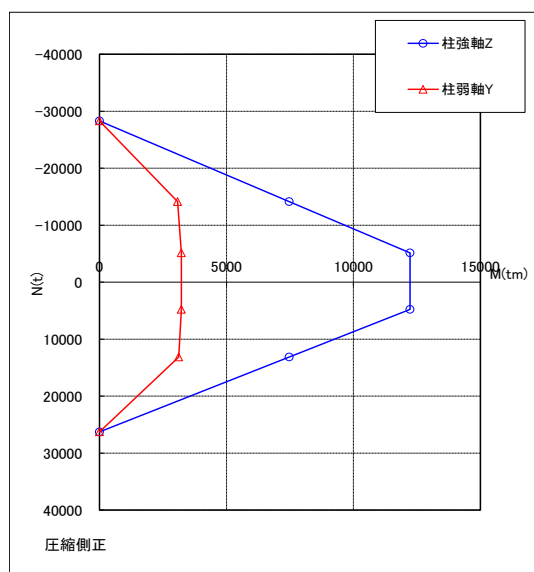
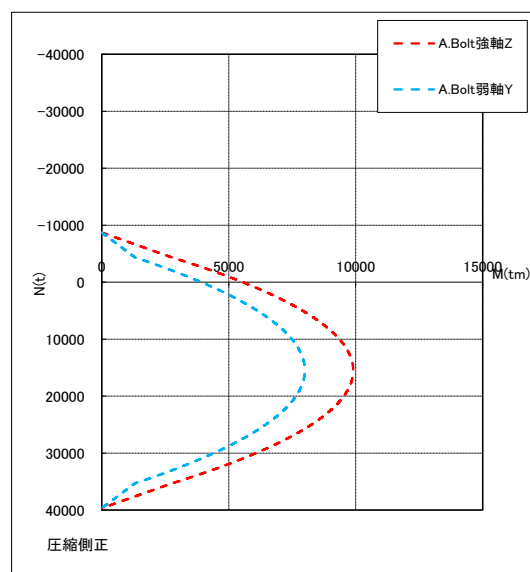


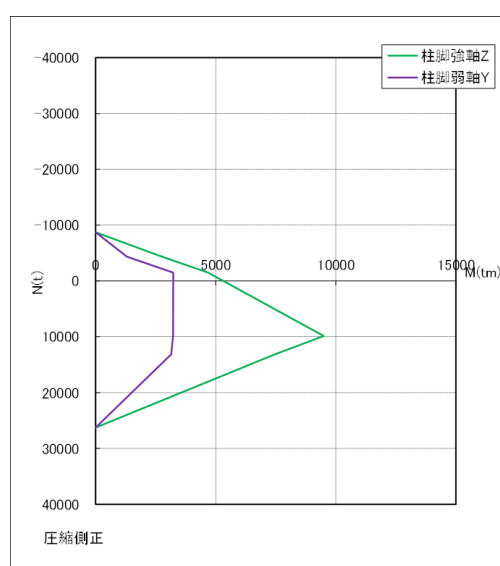
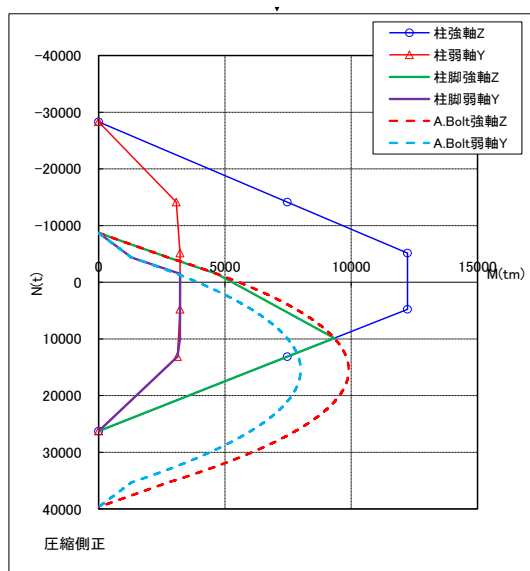
図 3.1-5 (1) 柱脚部の非線形特性に関する概念図



柱の M-N スケルトン曲線



露出柱脚の M-N スケルトン曲線



今回用いた M-N 曲線

図 3.1-5 (2) 柱脚部の非線形特性

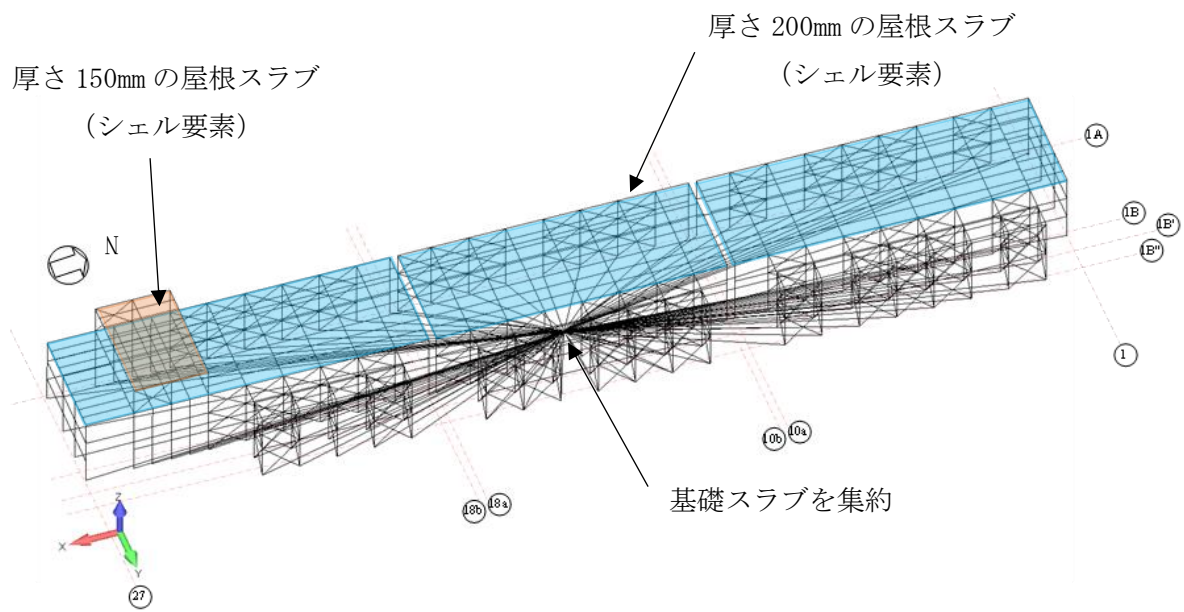


図 3.1-6 建屋の地震応答解析モデル

(3) 評価項目と耐震クライテリア

波及的影響の検討は、表 3. 1-4 及び表 3. 1-5 に示す項目について評価を行う。

表 3. 1-4 建屋のクライテリア

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

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

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

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

表 3. 1-5 屋根のクライテリア

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

* 許容限界は平 12 建告第 2464 号第 1 による。

3. 2 建屋の耐震性に対する検討

(1) 地震応答解析結果

建屋の最大応答加速度分布を図 3. 2-1～図 3. 2-4 に示す。

なお，最大応答加速度が最大となる南棟の結果を記載する。

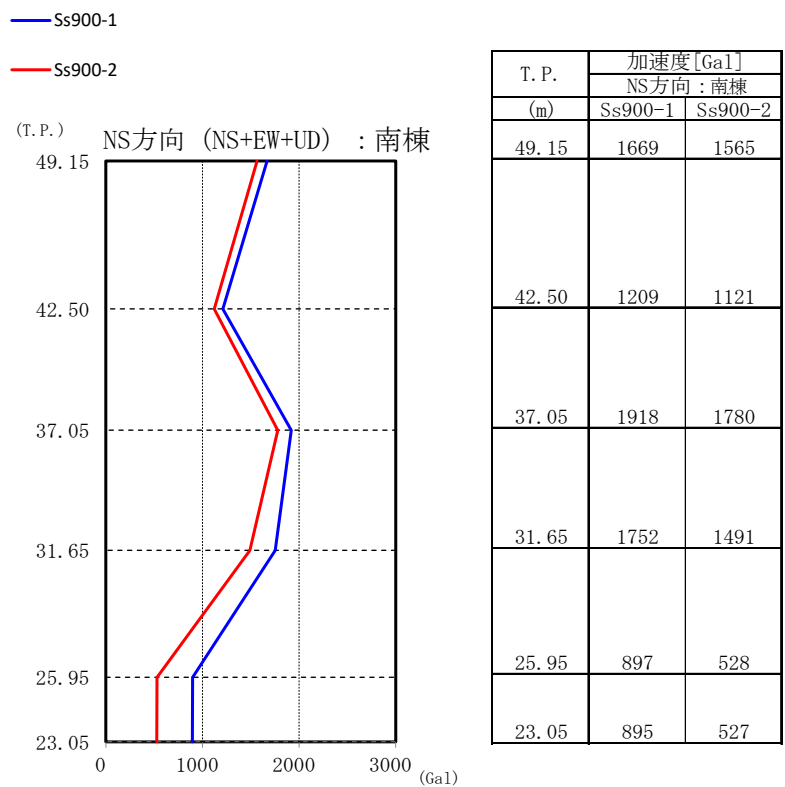


图 3.2-1 最大応答加速度分布 (南棟, NS 方向)

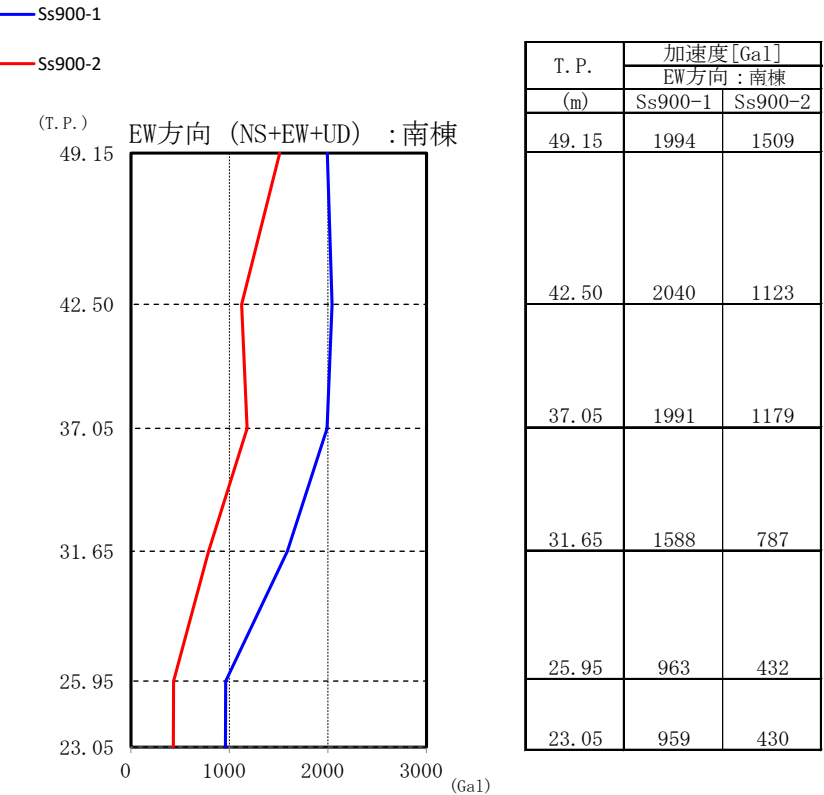


图 3.2-2 最大応答加速度分布 (南棟, EW 方向)

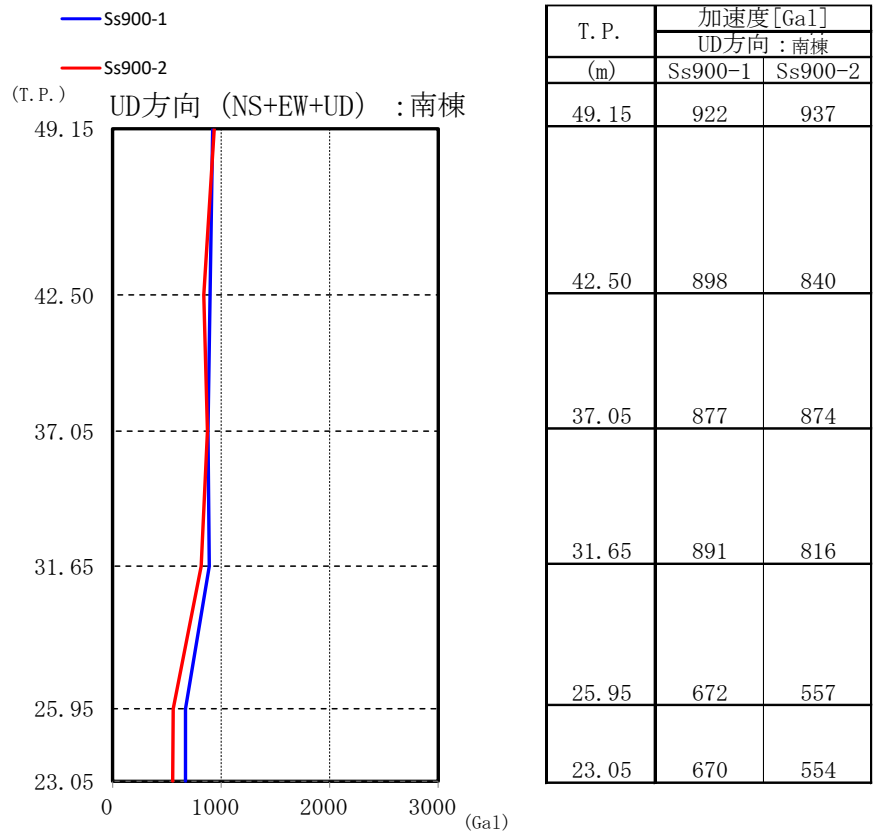


図 3.2-3 最大応答加速度分布（南棟，UD 方向）

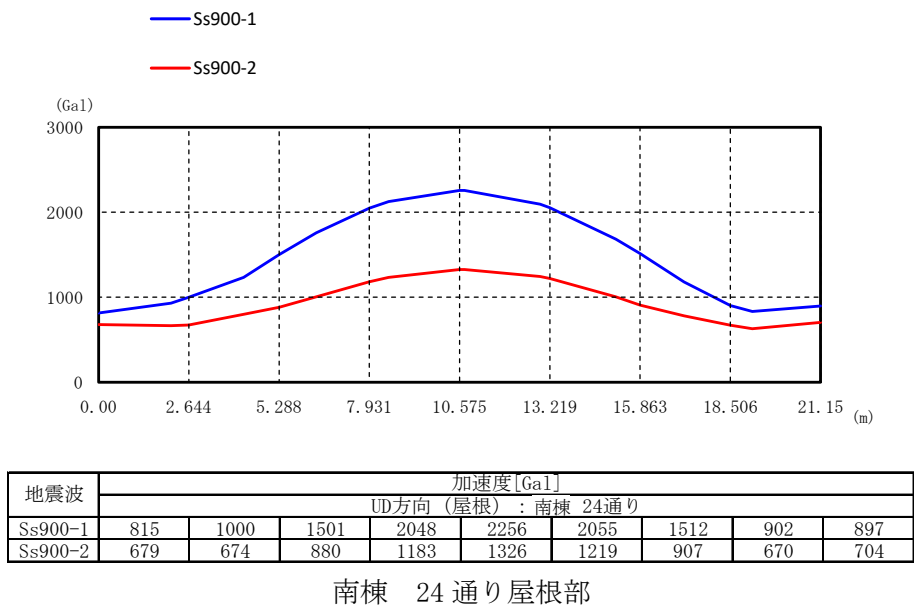


図 3.2-4 最大応答加速度分布（南棟，UD 方向（屋根部））

(2) 検討結果

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

*：北村春幸，宮内洋二，浦本弥樹「性能設計における耐震性能判断基準値

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

1) 層間変形角の検討

最大応答層間変形角および崩壊機構の評価結果を表 3.2-1 に示す。

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

層間変形角が最大となる南棟の部材塑性率図を図 3.2-5 に示す。

また、図 3.2-5 より、地震荷重に対して柱及びブレースの一部において塑性ヒンジが形成されているが、全ての柱の柱頭及び柱脚に塑性ヒンジが形成されていないことから、崩壊機構が形成されていないことを確認した。本体建屋のブレースで累積塑性変形倍率が 25 以上であるため、破断寿命評価を実施し、部材が破断しないことを確認した。（表 3.2-2）

表 3.2-1 最大応答層間変形角および崩壊機構の検討結果

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

表 3.2-2 破断寿命に対する繰返し回数の算定結果

部位 (使用部材)	最大等価 軸ひずみ $\varepsilon_{\max} (\times 10^{-3})$	累積塑性変 形倍率 η	応答による繰 返し回数 ^{※1} N_i	評価基準 ^{※2} (破断寿命) N_p	N_i/N_p	判定
鉛直ブレース (2 [-250×90×11× 14.5])	8.97	34.019	321	1309	0.25	OK

※1:ピークカウント法を用い、対象部材の軸ひずみ時刻歴波形の最大及び最小を全てカウントする。

※2:最大等価軸ひずみ（設定ひずみ振幅）に対応する鋼材の破断寿命を「中込他，繰返し力を受ける SM490 鋼の疲労性に関する研究，日本建築学会構造系論文集，第 469 号，127-136，1955 年 3 月」より算定し，これを評価基準とする。

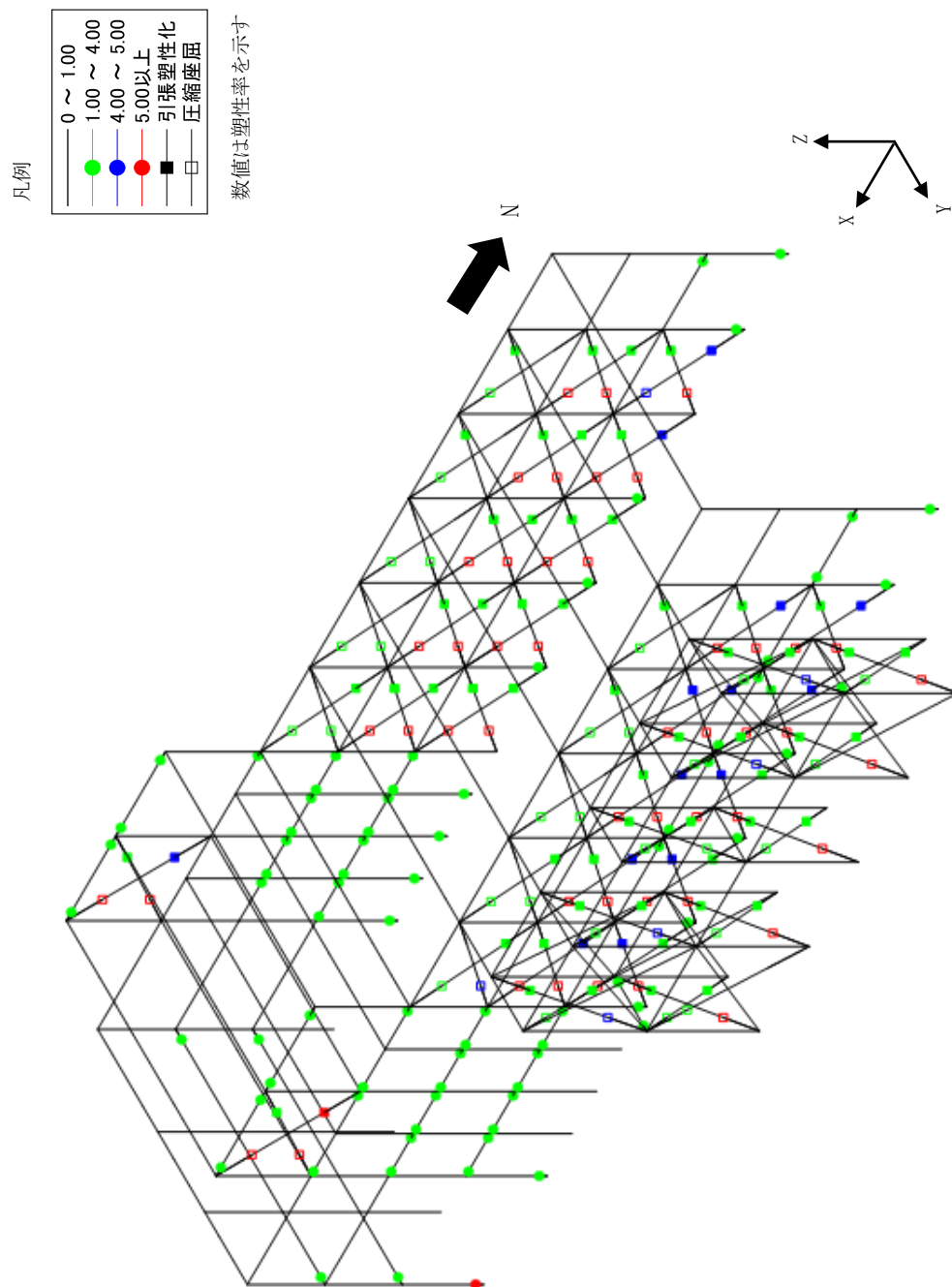


図 3. 2-5 部材塑性率図 (Ss900-1, 南棟)

3. 3 屋根の耐震性に対する検討

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

(1) 断面検討

地震応答解析により得られる曲げ応力、面外せん断力及び面内せん断力がコンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を超えないことを確認する。

面内せん断力がコンクリートの短期許容応力度を超えた場合は、鉄筋の短期許容応力度に基づき算定される曲げ応力に対する必要鉄筋量と、面内せん断力に対する必要鉄筋量の和が、設計配筋量を超えないことを確認する。

表 3. 3-1 に面外せん断力の断面算定結果を、表 3. 3-2 に曲げ応力及び面内せん断力の断面算定結果を示す。

表 3. 3-1 屋根スラブの断面算定結果（面外せん断力）

部位	地震波	せん断応力度 τ (N/mm ²)	許容応力度 f_s (N/mm ²)	検定比	判定
屋根スラブ	Ss900-1	0. 37	1. 09	0. 34	O. K.

表 3. 3-2 屋根スラブの断面算定結果（曲げ応力及び面内せん断力）

部位	地震波	単位長さあたりの必要鉄筋量 $req a_t$ (mm ²)	単位長さあたりの設計配筋量 a_t (mm ²)	検定比	判定
屋根スラブ	Ss900-1	693	882	0. 79	O. K.

4. 耐震性（機能維持の検討）

4. 1 基礎の検討

（1）検討方針

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

（2）応力解析モデル

1）解析モデルの設定

解析モデルは図 4. 1-1 に示すものとし、支持地盤は等価な弾性ばねとしてモデル化する。

基礎スラブについては、平板としてモデル化し、板厚は 1.0～2.9m とする。



図4.1-1 解析モデル

2) 使用要素

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

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

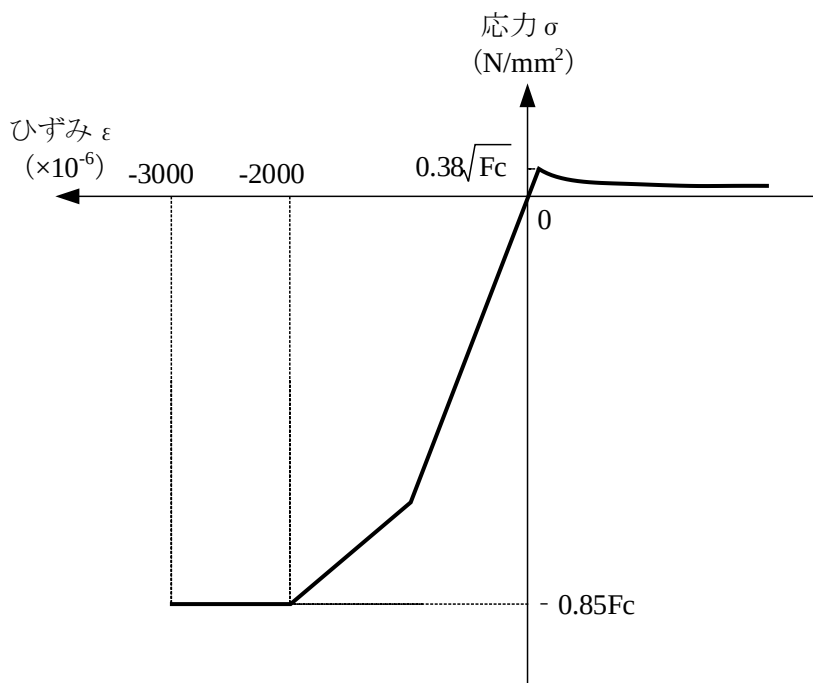
3) 境界条件

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

4) 材料構成則

評価で用いる材料構成則を図 4.1-2 に示す。

なお、ヤング係数及びコンクリートの圧縮強度は設計基準強度に基づく値とする。



F_c : コンクリートの設計基準強度

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

注：引張方向の符号を正とする。

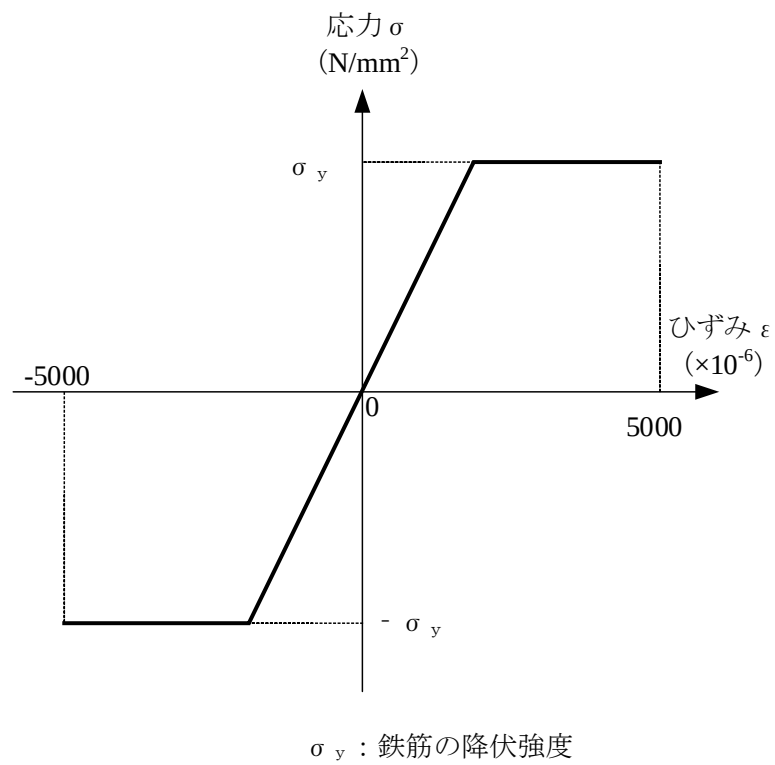
*1：Comite Euro-International du Beton：CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE)，1993

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

(a) コンクリートの応力－ひずみ関係

図 4.1-2 (1) 材料構成則 (1/2)

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



注：引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力－ひずみ関係

図 4.1-2 (2) 材料構成則 (2/2)

(3) 応力解析方法

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

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

1) 荷重の入力方法

a) 地震荷重

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

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

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

b) 地震荷重以外の荷重

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

(4) 評価項目とクライテリア

機能維持の検討は、表 4.1-1 に示す項目について評価を行う。

表 4.1-1 基礎スラブのクライテリア

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

注記*1 : C C V 規格に基づく。

*2 : R C - N 規準に基づく。

(5) 断面検討

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

a) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

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

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

b) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、RC-N規準に基づき行う。

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

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

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力(N)

b : 断面の幅(mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値(mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表2.1-1に示す値(N/mm²)

α : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。また、引張軸力が2N/mm²を超える場合は1とする。)

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

M : 曲げモーメント(N・mm)

Q : せん断力(N)

d : 断面の有効せい(mm)

$w f_t$: せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表2.1-1に示す値(N/mm²)

p_w : せん断補強筋比で、次式による。(0.002以上とする。*1)

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

a_w : せん断補強筋の断面積(mm²)

x : せん断補強筋の間隔(mm)

*1 : せん断補強筋がない領域については、第2項を0とする。

(6) 検討結果

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

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

表 4. 1-2 断面検討結果

評価項目		要素番号	発生値	許容値	検定比
軸力 ＋ 曲げモーメント ＋ 面内せん断力	コンクリート 最大圧縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)	2034	457	3000	0. 16
	鉄筋最大ひずみ ($\times 10^{-6}$)	1950	1235	5000	0. 25
面外せん断力	面外せん断力 (kN/m)	3007	2616	5168	0. 51

4. 2 改良地盤の耐震性に対する検討

(1) 検討方針

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

(2) 評価項目とクライテリア

機能維持の検討は、表 4.2-1 に示す項目について評価を行う。

表 4.2-1 改良地盤のクライテリア

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

(3) 地震時に対する検討

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

1) 改良地盤に生じる圧縮応力度

改良地盤の接地圧に対する検討結果を表 4.2-2 に示す。

表 4.2-2 改良地盤の接地圧に対する検討結果

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

2) 支持地盤に生じる圧縮応力度

支持地盤の接地圧に対する検討結果を表 4.2-3 に示す。

表 4.2-3 支持地盤の接地圧に対する検討結果

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

3) 改良地盤の水平抵抗力

改良地盤のせん断力に対する検討結果を表 4. 2-4 に示す。

表 4. 2-4 改良地盤のせん断力に対する検討結果

方向	地震波	最大せん断力 (kN)	水平抵抗力 (kN)	検定比	判定
NS	Ss900-1	335000	769000	0. 44	OK
EW	Ss900-1	526000	769000	0. 69	OK

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の同時入力時に用いる模擬地震波について

1. はじめに

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

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

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

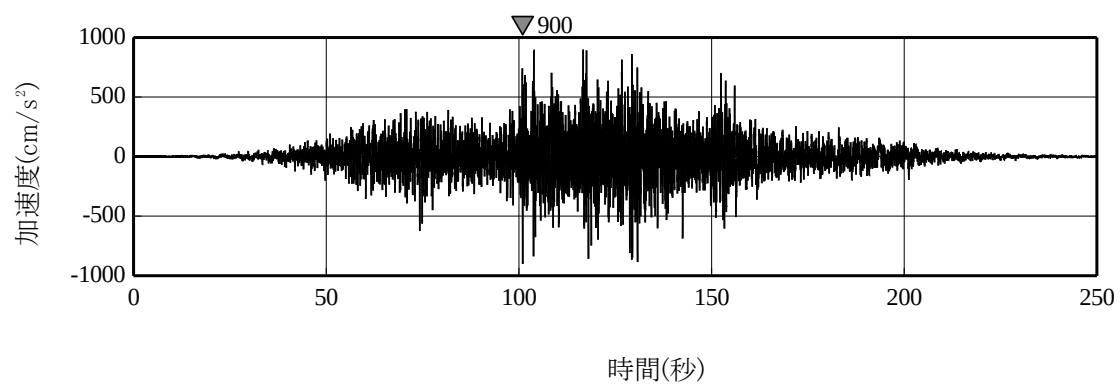
2. 模擬地震波の作成方針

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

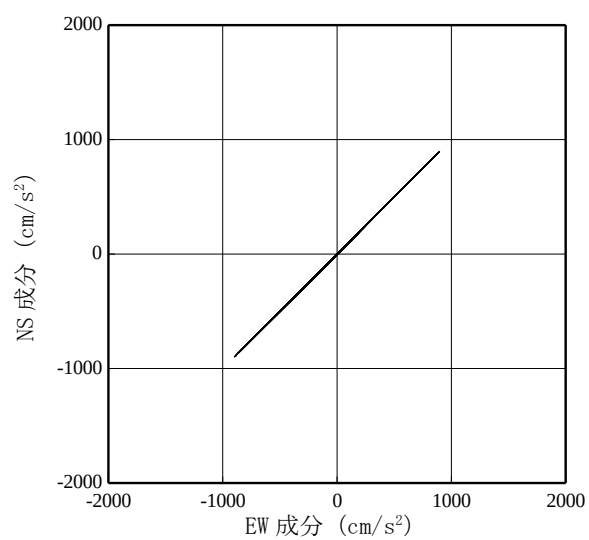
Ss900-1 の位相は、2011 年東北地方太平洋沖地震において福島第一原子力発電所内の地震観測記録の NS 方向の位相を基に模擬地震波を作成している。そこで組み合わせる地震動は、同一の方法で NS 方向と直交する EW 方向の位相を基に作成した模擬地震波とする。

2.1 敷地で得られた観測記録による確認

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

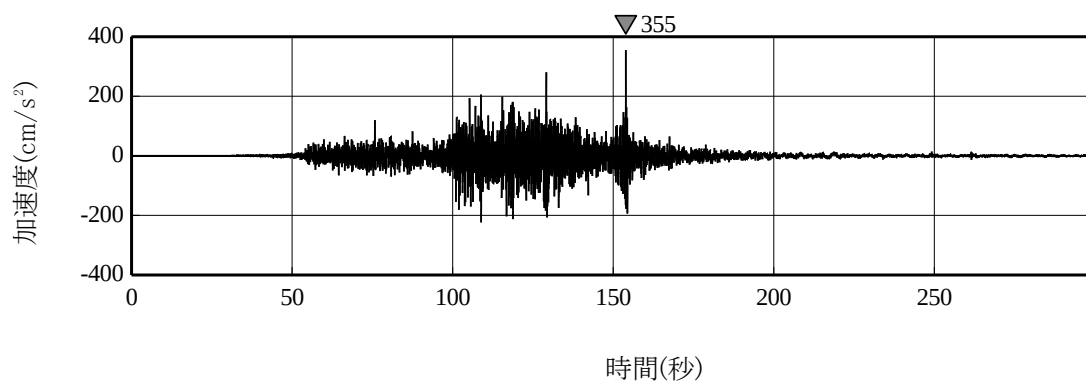
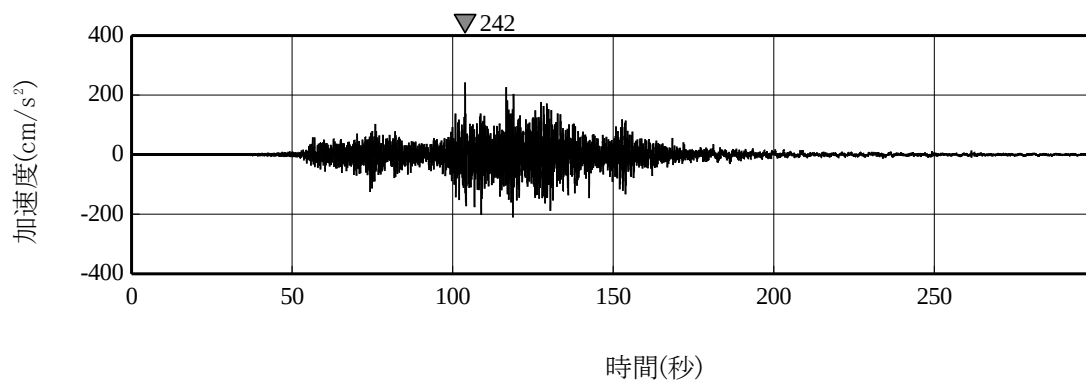


(a) 加速度時刻歴波形

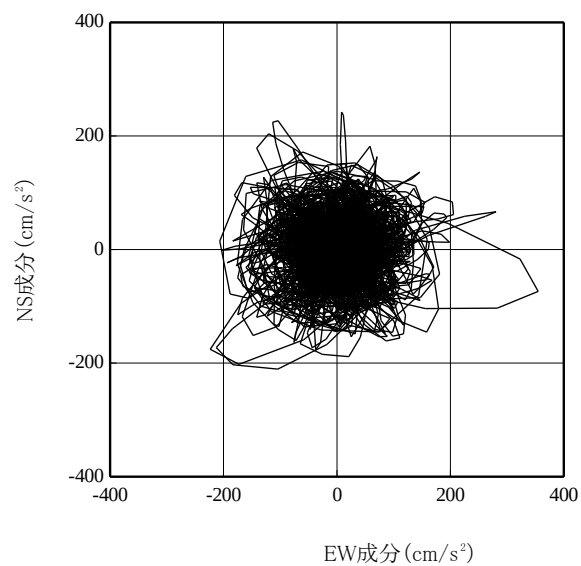


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2.1-1 Ss900-1

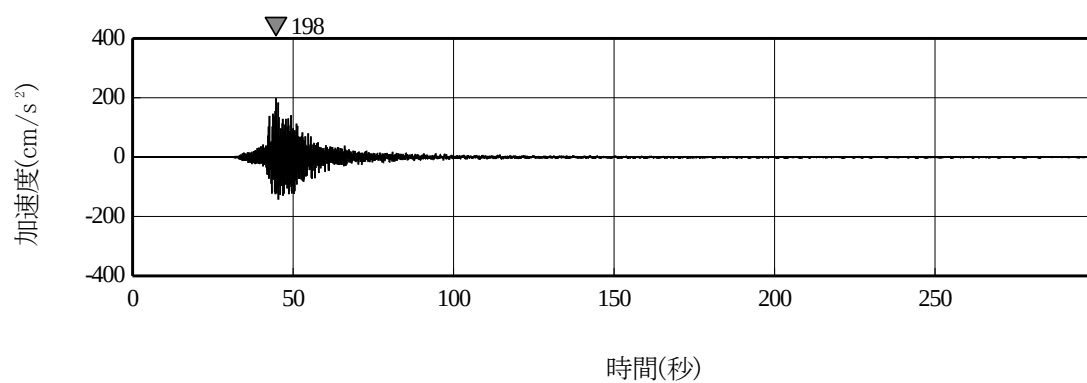
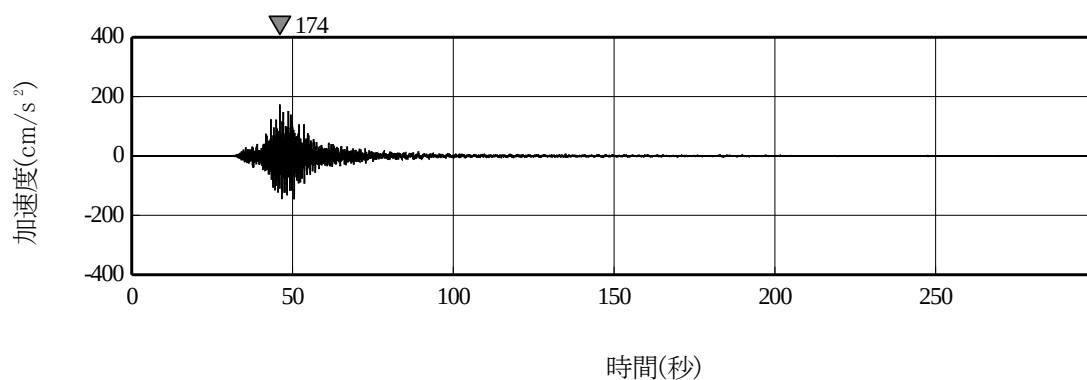


(a) 加速度時刻歴波形

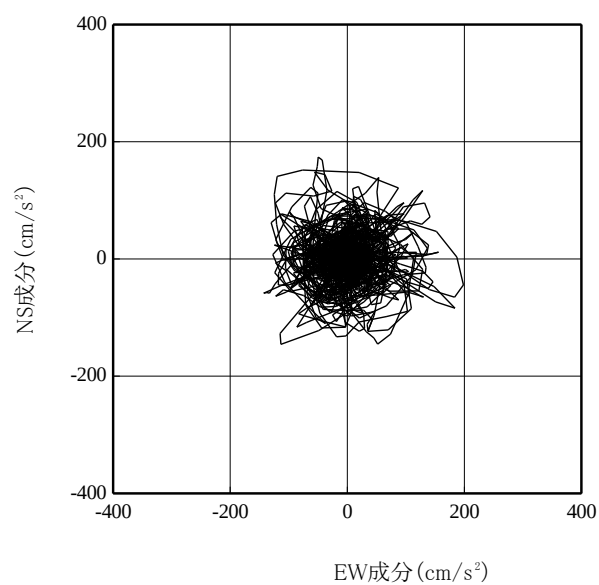


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2.1-2 3.11 地震観測記録 (自由地盤観測点)

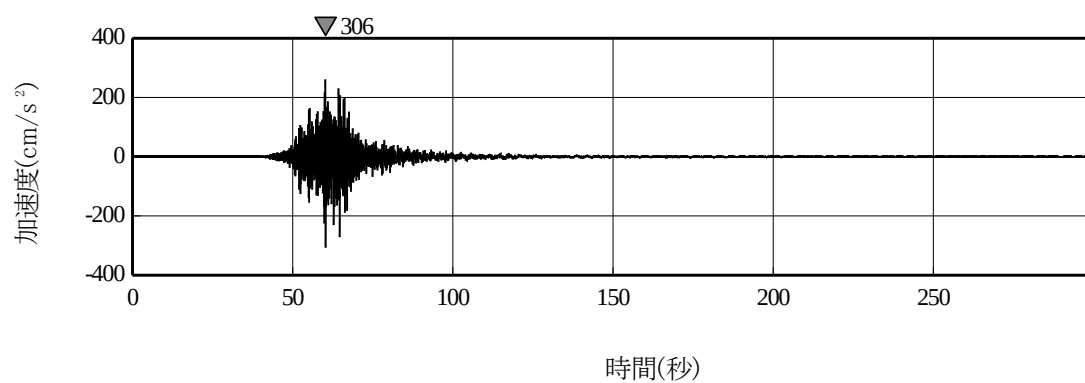
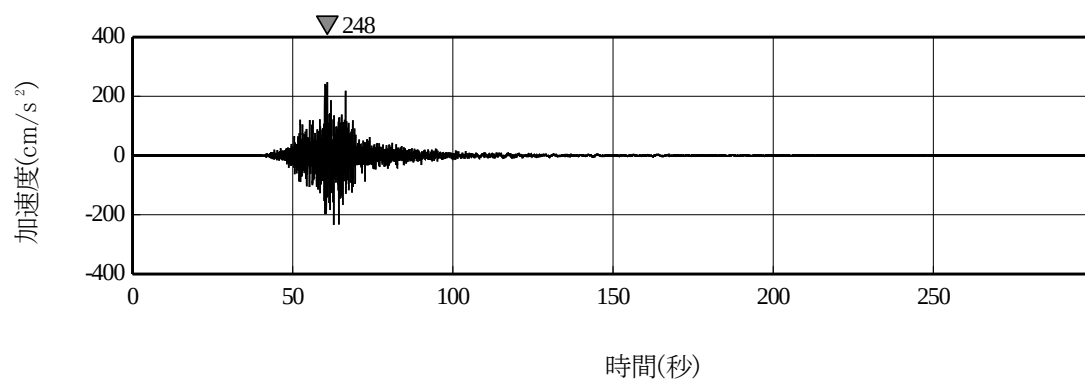


(a) 加速度時刻歴波形

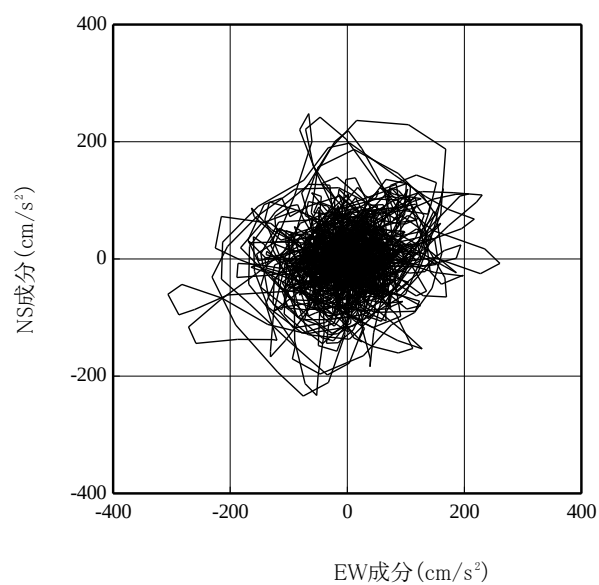


(b) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2.1-3 2.13 地震観測記録 (自由地盤観測点)



(a) 加速度時刻歴波形

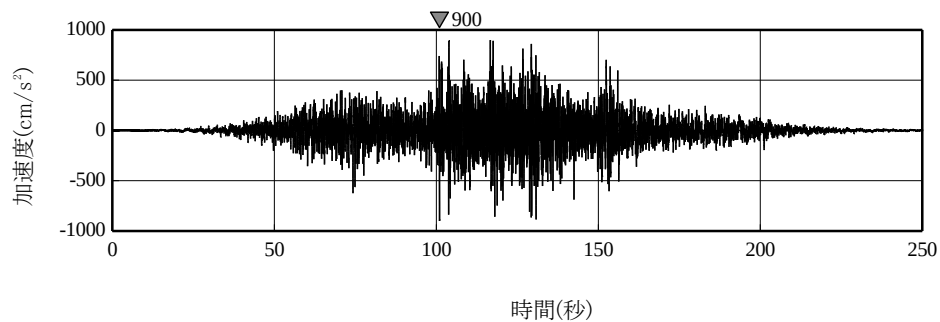


(b) 水平2方向の加速度成分のオービット

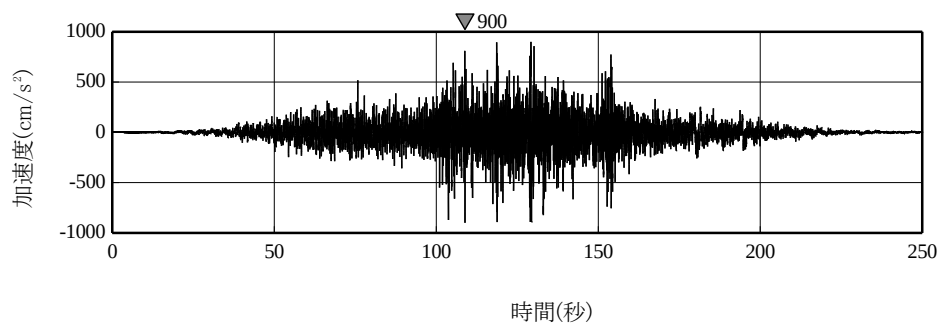
図 2.1-4 3.16 の福島県沖の地震観測記録（自由地盤観測点）

3. 位相特性の異なる模擬地震波の作成結果

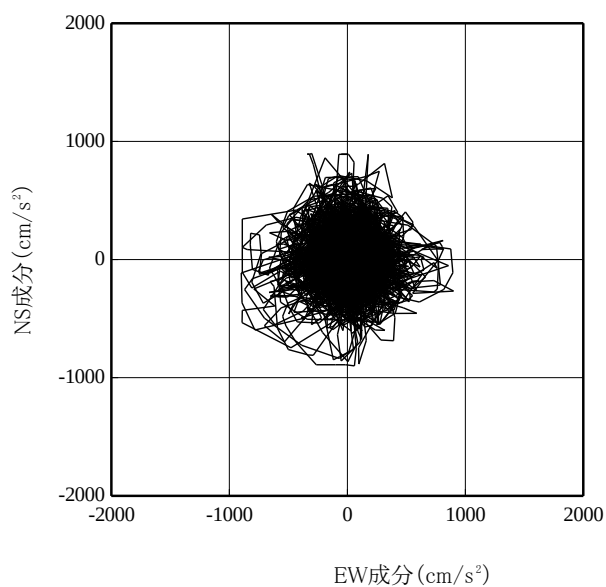
Ss900-1 及び Ss900-1 と組み合わせる模擬地震波の加速度時刻歴波形及びそれぞれの地震波を 2 方向入力した場合のオービット及び応答スペクトルを図 2. 1-5 に示す。



(a) Ss900-1 の加速度時刻歴波形

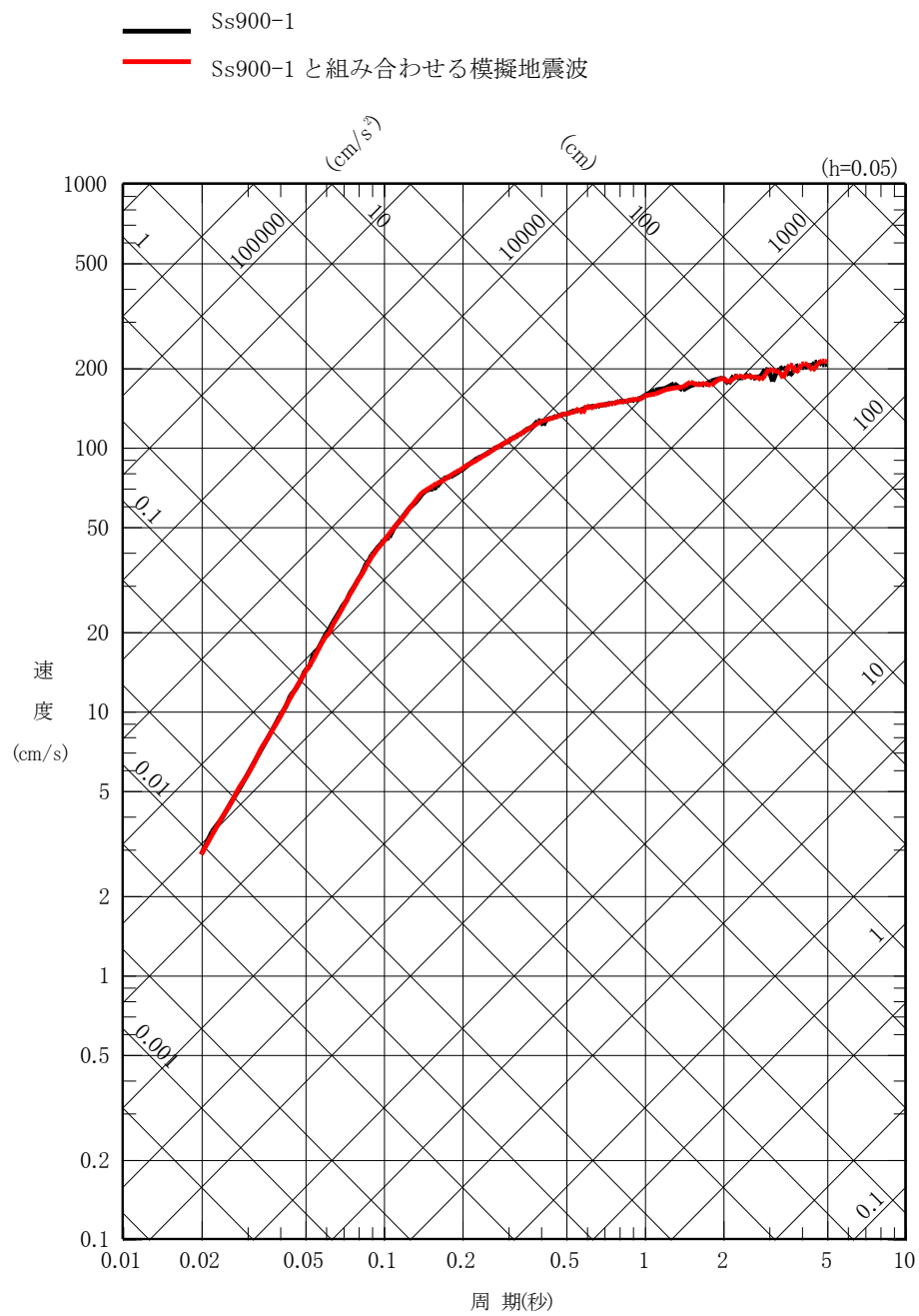


(b) Ss900-1 と組み合わせる模擬地震波の加速度時刻歴波形



(c) 水平 2 方向の加速度成分のオービット

図 2. 1-5 Ss900-1 (1/2)



(d) 水平 2 方向の地震動の応答スペクトル

図 2.1-5 Ss900-1 (2/2)

別添-4

大型廃棄物保管庫保管架台の耐震性についての計算書
(静的地震力 (水平 : 3.6 C_i , 鉛直 : 1.2 C_v))

1. 概要

大型廃棄物保管庫に設置する保管架台は、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（2022年11月16日原子力規制委員会了承 2023年6月19日一部改訂）に基づくと、耐震Sクラスとなる。

一方、2025年7月8日の技術会合での議論を踏まえ、水処理二次廃棄物の屋外一時保管によるリスク低減のために、早期の屋内保管を優先的に進める方針としたことから、本架台については、耐震Cクラスに適用する地震力（水平：1.2Ci，鉛直：－）及び耐震Sクラスに適用する地震力のうち静的地震力（水平：3.6Ci，鉛直：1.2Cv）において、十分な強度を有していることを確認する。

本資料は、適用する地震力のうち、双方を包含している耐震Sクラスに適用する静的地震力にて、保管架台が十分な強度を有していることを説明するものである。

なお、保管架台の耐震評価は、吸着塔が設置された状態での架台の転倒評価及び基礎ボルトに対する応力評価を実施する。

2. 一般事項

2.1 配置概要

使用済吸着塔等の保管時において、保管架台は図 2-1 に示すように、使用済吸着塔等を直接支持する。

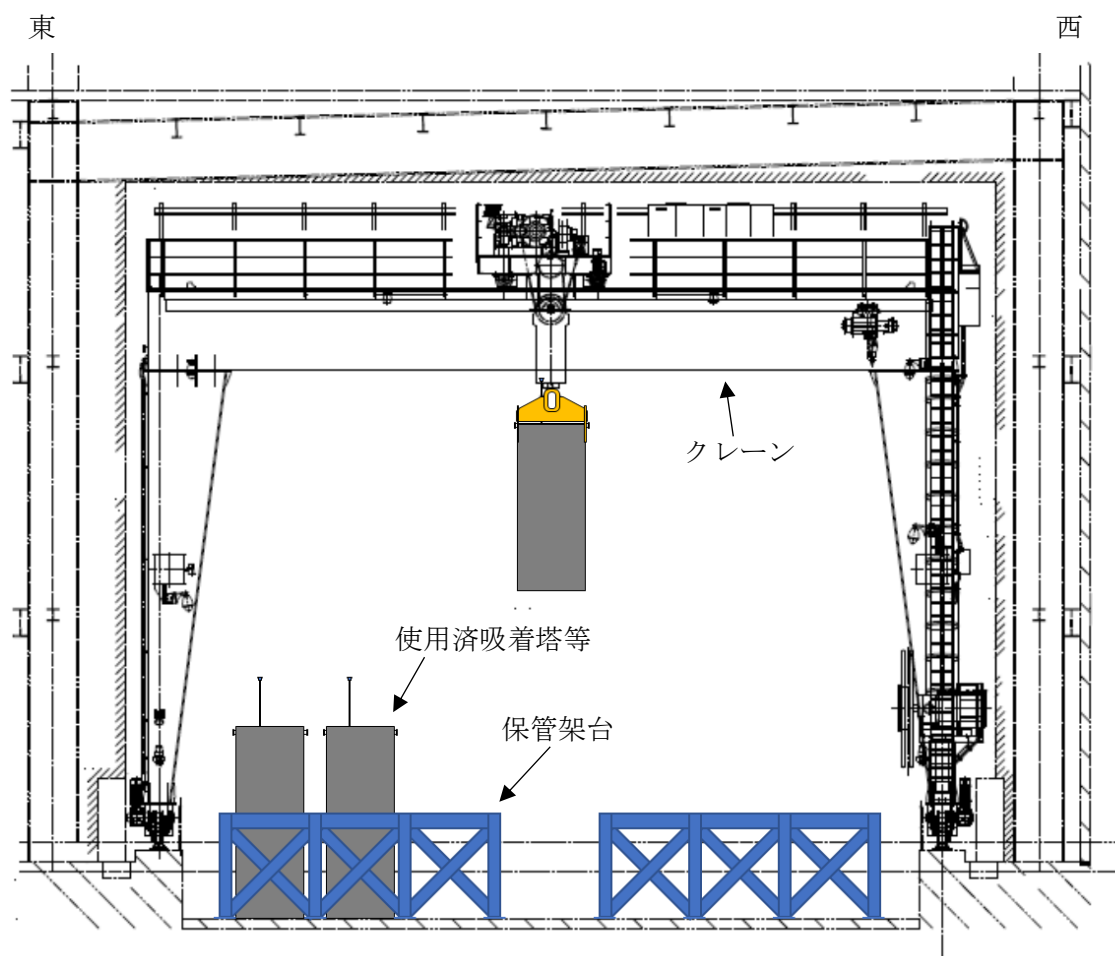


図 2-1 保管架台と使用済吸着塔等の位置関係図

2.2 構造計画

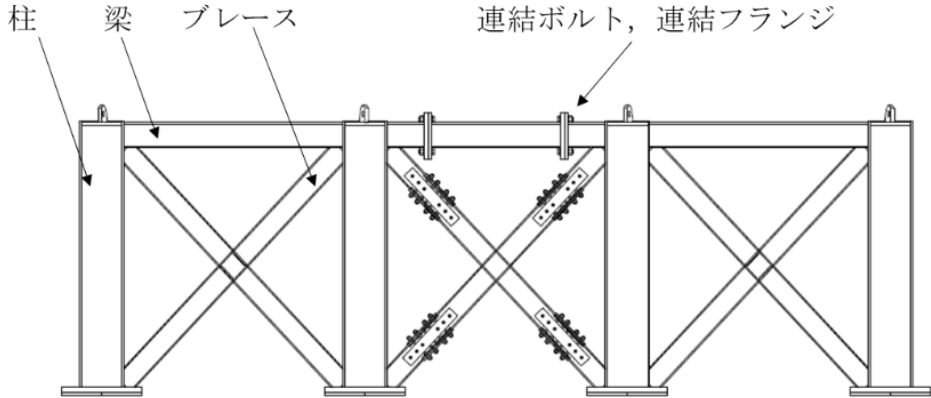
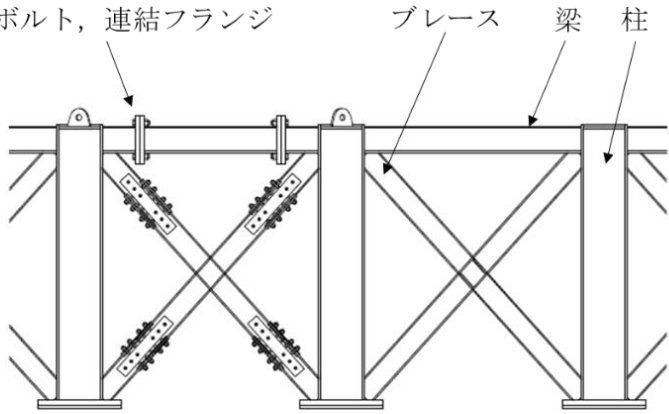
保管架台の構造計画を表 2-1 に示す。

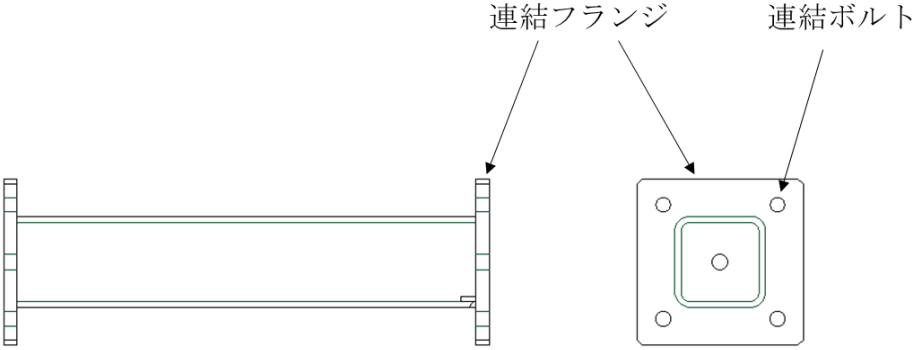
表 2-1 保管架台の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
保管架台は、1 基当たり（3 行×10 列）に使用済吸着塔等を 30 体保管できる構造となっており、3 行×1 列の架台（数量：4）と 2 行×1 列の架台（数量：2）を連結フランジが取り付けられた梁とブレースにて連結した一体構造となっている。 柱に取り付けられたベースプレートで支持され、各ベースプレートを介し、4 本の基礎ボルトにて床版に据え付ける。 使用済吸着塔等を固定する治具は、ベース、テーパブロック、クサビから	梁 柱 ブレース ベースプレート 連結ボルト 連結フランジ 基礎ボルト 固定治具	(単位：mm) ※：行・列の定義として、建屋南側のクレーン操作室を起点に大型廃棄物保管庫内の縦方向（南北方向）を「列」、横方向（東西方向）を「行」とする。

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
成り、各パーツ同士をはめ込んだ一体構造として、保管架台の梁に取り付ける。		3行×1列の架台（数量：4） 2行×1列の架台（数量：2） 連結フランジが取り付けられた梁とブレース

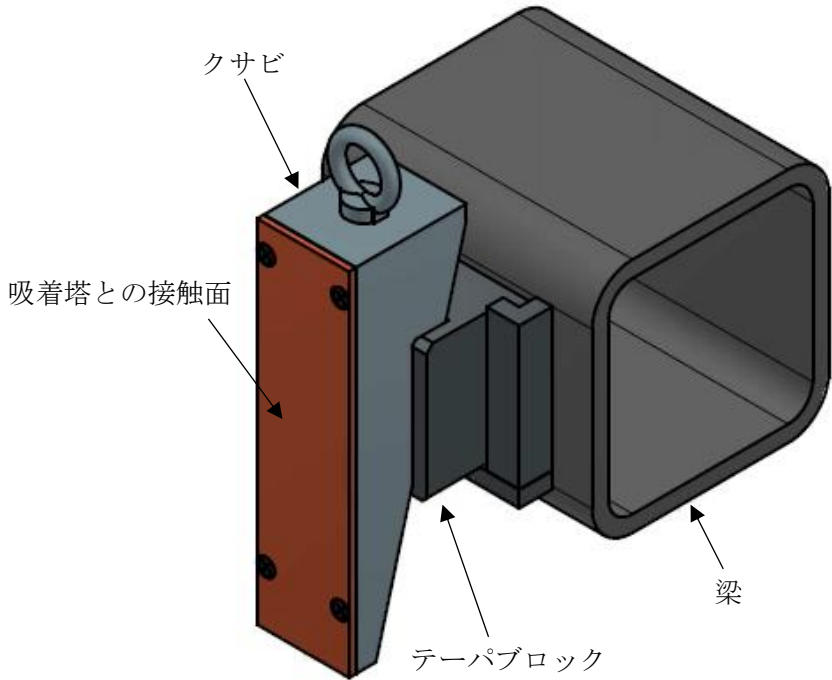
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
		ベースプレート ブレース 柱 基礎ボルト A-A断面

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
		 柱 梁 ブレース 連結ボルト，連結フランジ B-B断面  連結ボルト，連結フランジ ブレース 梁 柱 C-C断面

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
		 連結フランジ 連結ボルト

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
		柱 梁 使用済吸着塔等 固定治具 固定治具据付概略図

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
		梁 固定治具ベース 固定治具ベース クサビ テーパブロック (南北用) テーパブロック (東西用) 固定治具概要図

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
		 クサビ 吸着塔との接触面 テーパブロック 梁 固定治具組付け概要図

2.3 評価方針

保管架台の応力評価は、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを「4. 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

保管架台の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

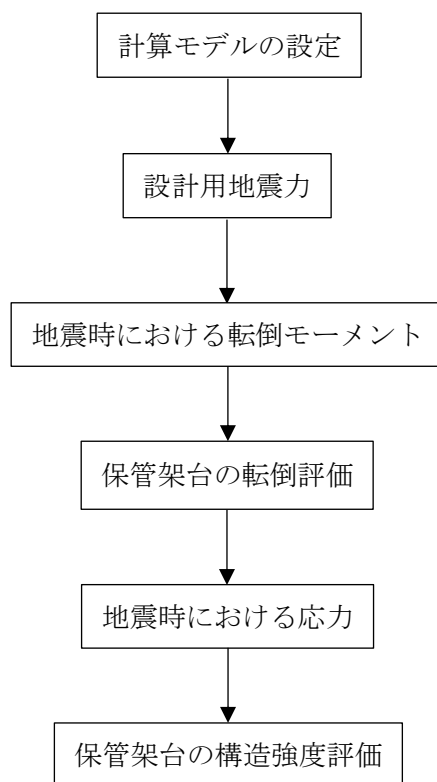


図 2-2 保管架台の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））（J S M E S N C 1－2005/2007）（（社）日本機械学会）（以下、「設計・建設規格」という。）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1・補－1984，J E A G 4 6 0 1－1987 及び J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（（社）日本電気協会）
- ・日本産業規格（（財）日本規格協会）（以下、「J I S」という。）

2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

本資料で表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度	℃	—	—	整数位
質量	t	—	—	整数位 ^{*1}
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 ^{*2}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁目 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位 ^{*3}

注記 *1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき表示とする。

*3：設計・建設規格 付録材料図及び J I S に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

2.6 設計用地震力

設計用地震力を表 2-3 に示す。

なお、本評価では、耐震 S クラスに適用する地震力のうち静的地震力を適用する。

表 2-3 設計用地震力

項目	耐震 クラス	静 的 地 震 力	
		水 平	鉛 直
大型廃棄物保管庫 保管架台	S	$3.6 C_i^{*1}$	$1.2 C_v^{*1}$

注記 *1: C_i は、標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

*2: C_v は、震度 0.3 を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

3. 評価部位

保管架台の耐震評価は、「4.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて評価を実施する。

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 使用済吸着塔等は、固定治具により保管架台に固定されているため、保管架台と使用済吸着塔等は一体構造として応力評価を実施する。
- (2) 使用済吸着塔等は、床版に固定せず静置するものとする。
- (3) 保管架台は基礎ボルトで床版に固定されている。
- (4) 保管架台は、「2.2 構造計画」に示すように 3 行×10 列を 1 基とした独立構造であることから、1 基分の評価を実施する。
- (5) 保管架台 1 基当たりの保管容量である 30 体の使用済吸着塔等が格納された状態にて応力評価を実施する。
- (6) 応力評価に使用する吸着塔は、保守的な評価となるよう重心高さが最も高く、質量が最も大きい高性能多核種除去設備吸着塔とする。
- (7) 保管架台の質量は重心に集中しているものとする。吸着塔の質量は各吸着塔の重心に集中しているものとする。
- (8) 地震力は保管架台に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (9) 地震力による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらと比較することにより転倒評価を実施する。
- (10) 地震力による基礎ボルトの応力評価を実施する。なお、(9)にて転倒挙動が発生しない場合、引張評価は実施しない。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

保管架台の評価における荷重の組合せ及び供用状態を表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態
S	$D + P_D + M_D + S_d$	C_s

【記号の説明】

- D : 死荷重
 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 : 当該設備に設計上定められた機械的荷重
 S_d : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力
 なお、本評価では、耐震 S クラスに適用する地震力のうち静的地震力を適用する。
 C_s : 供用状態 C を基本としてさらに地震荷重に対する特別の制限を加えた供用状態

4.2.2 許容応力

保管架台の許容応力を表 4-2 に示す。

表 4-2 許容応力（その他の支持構造物）

供用状態	許容限界	
	1 次応力	
	引張	せん断
C_s	$1.5f_t$	$1.5f_s$

注) 応力の組合せが考えられる場合は、組合せ応力に対しても評価を行う。

【記号の説明】

- f_t : 設計・建設規格 SSB-3131 により規定される許容引張応力
 f_s : 設計・建設規格 SSB-3131 により規定される許容せん断応力

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

使用材料の許容応力評価条件を表 4-3 に示す。

表 4-3 許容応力評価条件

部材名	材料	周囲環境温度 (°C)	Sy (MPa)	Su (MPa)	$\min(Sy, 0.7Su)$ (MPa)
基礎ボルト	SD345 ^{*1}	45			

注記 *1 : Sy 値・Su 値は J I S に記載の値より算出

4.3 設計用地震力

耐震計算に用いる静的地震力は、表 4-4 に示す設計用地震力を用いる。

表 4-4 設計用地震力

据付場所及び 設置床高さ(m)	静的地震力		
	水平震度		鉛直震度 (UD 方向)
	NS 方向	EW 方向	
大型廃棄物保管庫 T.P. 25.95 ^{*1}	0.72 ^{*2}	0.72 ^{*2}	0.36 ^{*3}

注記 *1：基礎上端レベルを示す。

$$\begin{aligned}
 *2: 3.6 C_i &= 3.6 \times (z \times \beta \times R_t \times A_i \times C_0) \\
 &= 3.6 \times (1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.2) \\
 &= 0.72
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 *3: 1.2 C_v &= 1.2 \times (R_v \times 0.3) \\
 &= 1.2 \times (1.0 \times 0.3) \\
 &= 0.36
 \end{aligned}$$

【記号の説明】

C_i : 水平震度

C_v : 鉛直震度

z : 地震地域特性 (1.0)

R_t : 水平方向の振動特性係数 (1.0 とし, β で補正する。)

R_v : 鉛直方向の振動特性係数 (1.0)

β : 補正係数 (保守的に 1.0 とする。)

A_i : 層せん断力の高さ方向の分布係数 (設置位置が 1 階床面であるため 1.0)

C_0 : 標準せん断力係数 (0.2)

5. 耐震評価

5.1 転倒評価

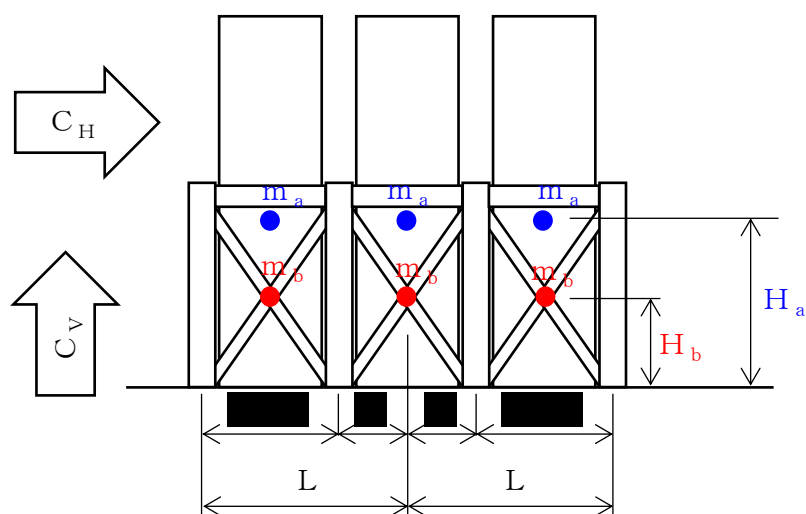
本評価では、静的地震力を適用することから、静的な評価を行う。

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を行う。

評価条件として、格納を予定している使用済吸着塔等のうち、高性能多核種除去設備吸着塔 30 体と吸着塔を格納する保管架台 1 基にて評価を実施する。

また、保管架台の構造上、EW 方向の方が転倒しやすい構造であることから、EW 方向と鉛直上方向に地震力を作用させた際の評価を実施する。

評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さくなることから、転倒しないことを確認した（表 5-1）。



- m : 機器質量
 g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
 H : 据付面からの重心までの距離
 L : 保管架台短辺方向の転倒支点から機器重心までの水平距離
 N : 数量
 C_H : 水平方向設計震度
 C_V : 鉛直方向設計震度

各記号の下付文字は、下記を意味する。

- a : 吸着塔
 b : 保管架台

$$\begin{aligned} \text{地震による転倒モーメント : } M_1[kN \cdot m] &= m \times g \times C_H \times H \\ &= g \times C_H \times (m_a \times N_a \times H_a + m_b \times N_b \times H_b) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{自重による安定モーメント : } M_2[kN \cdot m] &= m \times g \times (1 - C_V) \times L \\ &= g \times (1 - C_V) \times (m_a \times N_a \times L_a + m_b \times N_b \times L_b) \end{aligned}$$

表 5-1 転倒評価結果（耐震 S クラスに適用する静的地震力）

機器名称		数量	m [kg]	H [m]	L [m]	震度	M ₁ [kN・m]	M ₂ [kN・m]
大型廃棄物保管庫 保管架台	吸着塔	30				C _H : 0.72	1.1×10 ⁴	1.5×10 ⁴
	保管架台	1				C _V : 0.36		

【記号の説明】

- M_1 : 地震による転倒モーメント
 M_2 : 自重による安定モーメント

5.2 応力評価

保管架台は、床版に基礎ボルトで固定する構造としていることから、地震時の基礎ボルトに対する応力評価を行う。

「5.1 転倒評価」より転倒に至らないことを確認しており、基礎ボルトには引張力は加わらないことから、引張応力による評価は実施しない。

評価条件として、格納を予定している使用済吸着塔等のうち、高性能多核種除去設備吸着塔 30 体と吸着塔を格納する保管架台 1 基にて評価するものとし、地震時に基礎ボルトに作用するせん断応力が許容せん断応力以下となることを確認する。

評価の結果、基礎ボルトに作用するせん断応力が許容せん断応力を下回ることから、地震時においても基礎ボルトが健全であることを確認した（表 5-2）。

・せん断応力の算出

$$\text{基礎ボルトに作用するせん断応力： } \tau[\text{MPa}] = \frac{(m_a \times N_a + m_b \times N_b) \times g \times C_H}{n \times A}$$

m : 質量

N : 数量

g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

n : 基礎ボルト本数

A : 基礎ボルトの呼び径 (M30) 断面積 (706.8mm²)

C_H : 水平方向設計震度

各記号の下付文字は、下記を意味する。

a : 吸着塔

b : 保管架台

・許容せん断応力の算出

$$\text{基礎ボルトに作用する許容せん断応力： } f_s[\text{MPa}] = \frac{1.5 \times F}{1.5 \times \sqrt{3}}$$

表 5-2 応力評価結果（耐震 S クラスに適用する静的地震力）

評価部位	機器名称		数量	m [kg]	n [本]	震度 ^{注)}	τ [MPa]	f_s [MPa]
基礎ボルト	大型廃棄物保管庫	吸着塔	30			$C_H : 0.72$	51	198
	保管架台	保管架台	1					

注)：鉛直方向設計震度 C_V は使用しない。

【記号の説明】

- τ : 基礎ボルトに作用するせん断応力
 f_s : 基礎ボルトに作用する許容せん断応力

使用済吸着塔等の耐震性についての計算書
(静的地震力 (水平 : $3.6 C_i$, 鉛直 : $1.2 C_v$))

1. 概要

大型廃棄物保管庫に保管する使用済吸着塔等は、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（2022年11月16日原子力規制委員会了承2023年6月19日一部改訂）に基づくと、耐震Sクラスとなる。

一方、2025年7月8日の技術会合での議論を踏まえ、水処理二次廃棄物の屋外一時保管によるリスク低減のために、早期の屋内保管を優先的に進める方針としたことから、使用済吸着塔等については、耐震Cクラスに適用する地震力（水平：1.2Ci，鉛直：－）及び耐震Sクラスに適用する地震力のうち静的地震力（水平：3.6Ci，鉛直：1.2Cv）において、十分な強度を有していることを確認する。

本資料は、適用する地震力のうち、双方を包含している耐震Sクラスに適用する静的地震力にて、使用済吸着塔等が十分な強度を有していることを説明するものである。

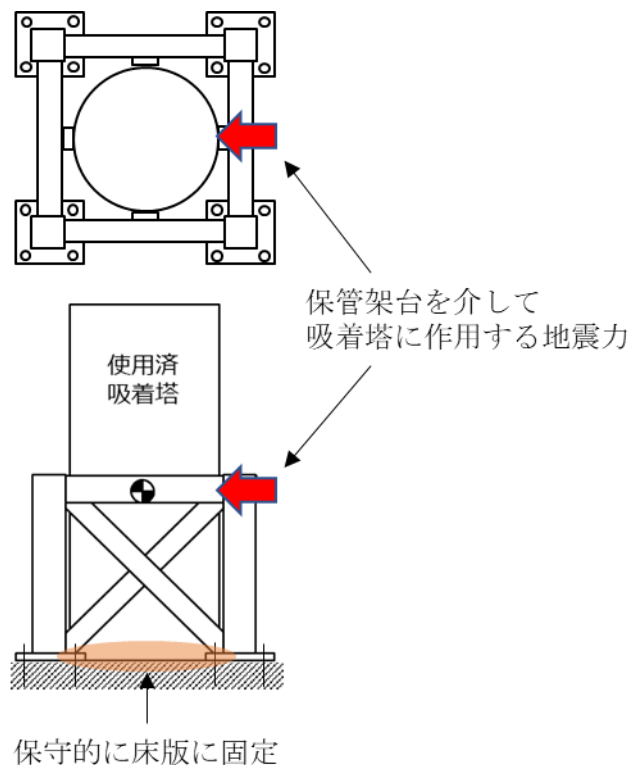
2. 応力評価

地震力が保管架台を介して使用済吸着塔等に作用した際の応力評価を実施する。

評価条件として、実際は使用済吸着塔等は床版に固定されていないが、使用済吸着塔等に作用する地震力が大きくなるよう固定されているものとして評価を行う。

また、使用済吸着塔等を保管架台に固定する固定治具の構造上、使用済吸着塔等と保管架台は鉛直方向には固定されておらず、水平方向のみ固定する設計となっている。加えて、Sクラスに適用する地震力のうち鉛直方向の静的地震力は1Gを下回っており使用済吸着塔等自身の浮き上がりは発生しない。

そのため、本評価においては鉛直方向地震力の影響は考慮せず、水平方向地震力のみ作用するものとする。



2.1 使用済吸着塔等に作用する荷重の算出

使用済吸着塔等に作用する荷重 F は以下の式にて算出する。

$$F = mgC_H = \text{[]} [N]$$

m : 保管架台 1 基分の質量 ([] [kg])

g : 重力加速度 (9.80665 [m/s²])

C_H : 水平方向設計震度 (0.72 [-])

2.2 使用済吸着塔等に作用する応力の算出

「2.1 使用済吸着塔等に作用する荷重の算出」より算出した荷重から使用済吸着塔に作用する応力を算出する。

なお、使用済吸着塔等の据付状態を踏まえ片持ち梁として考え、最も厳しい評価となる使用済吸着塔等と床版の固定部の曲げ応力を求める。評価対象は、使用済吸着塔等の遮へい容器の板厚が薄く、最も保守的な評価となる第二セシウム吸着装置同時吸着塔 (TYPE-B) とする。

使用済吸着塔等に作用する曲げ応力 σ_b は以下の式にて算出する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = 115 \text{ [MPa]}$$

ここで、曲げモーメント M と断面係数 Z は以下の式にて算出する。

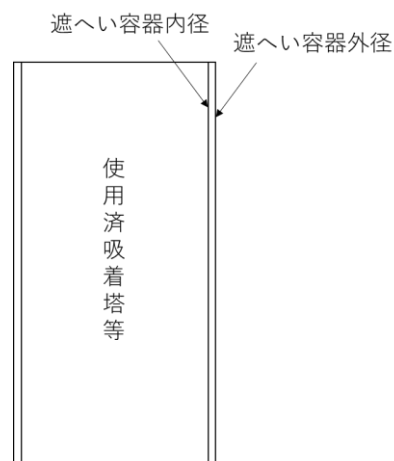
L : 横梁から床面までの距離 ([mm])

D : 遮へい容器の外径 ([mm])

d : 遮へい容器の内径 ([mm])

$$M = FL = 4.42 \times 10^8 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

$$Z = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4) = 3.87 \times 10^6 \text{ [mm}^3\text{]}$$



2.3 応力の評価

使用済吸着塔等に発生する曲げ応力が、下記許容曲げ応力 f_b 以下であることを確認する。

	静的地震力による荷重との組合せの場合
許容曲げ応力 f_b	$\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$

ここで、使用材料の許容応力評価条件は、表 1 のとおり。

表 1 許容応力評価条件

機器名称	材料	周囲環境温度 (°C)	Sy (MPa)	Su (MPa)	min(Sy, 0.7Su) (MPa)
第二セシウム吸着 装置同時吸着塔 (TYPE-B)	SUS304*1	45			

注記 *1 : Sy 値・Su 値は発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005 年版 (2007 年追補版含む。)) (J S M E S N C 1 - 2005/2007) 付録材料図に記載の値より算出

2.4 評価結果

表 2 に示す通り、使用済吸着塔等が S クラスに適用する静的地震力に対して十分な強度を有していることを確認した。

表 2 評価結果 (耐震 S クラスに適用する静的地震力)

機器名称	応力	算出応力	許容応力	単位
第二セシウム吸着装置 同時吸着塔 (TYPE-B)	曲げ	115	208	MPa