

再処理施設 廃棄物管理施設 MOX燃料加工施設

設工認申請に係る対応状況

令和3年8月24日



目次

- 1. 論点に対する説明状況**
- 2. 設工認申請に係る対応状況（全般事項）**
- 3. 技術的内容に係る説明（耐震：建物・構築物）**

1. 論点に対する説明状況

1. 1 論点に対する説明状況：共通事項(1/2)

【共通事項】

主な説明項目		進捗状況	
		説明すべき事項	対応状況
①	申請対象設備の明確化	<p>系統、設備の重要度、系統、設備の安全機能を踏まえて、申請対象設備の明確化を行う。明確化にあたっては、基本設計方針から申請対象設備を抽出し、仕様表対象設備を分類するとともに、系統で機能を達成する設備に対して機能に係る機器等を設計図面の色塗り等により抽出する。具体的な抽出方法等については、設工認作成要領、設備選定ガイドに反映し、実施内容の統一化を図る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 12月申請時に示した申請対象設備リストに対して設工認対象設備としての網羅性の説明ができていなかった。 系統として機能を達成する設備の中で仕様表対象となる機器等を抽出する作業を実施し、申請対象設備数としては、再処理施設で約4万機器、MOXで約6千機器となった。 対象設備を適切に抽出するための手順として設備選定ガイドを作成するとともに、系統間、設備間の選定のばらつきを無くすために作業者と方針策定者の間の作業方針の共有を行い、抽出作業は完了。 設工認本文の基本設計方針と対象となる設備とを紐付けすることにより、設工認対象設備の網羅性を確認する仕組みを整備し、網羅性の確認作業を実施中。 さらに、申請書本文、添付書類等それぞれへの記載事項の整理を実施中。
②	分割申請計画の考え方	<p>法律上の申請区分、事業許可との整合性説明、技術基準への適合性説明ができるよう、申請書の記載事項を明確にする。設工認記載事項は、先行の発電炉の内容も参照しながら検討する。</p> <p>また、分割申請において複数の申請書に跨って技術基準適合を説明する事項等について分割申請でのパッケージ構成の考え方を明確にする。</p> <p>設工認の申請にあたっては、類型化により申請書の合理化及び効率化を図る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 法律上の申請区分、事業許可との整合性説明、技術基準への適合性説明が適切にできていなかったため、事業指定（許可）基準規則、技術基準規則等の設工認を作成するために考慮すべき事項を網羅的に整理し、体系的に設工認を作成する手法として、分割申請に関する共通的な補足説明資料の仕組みを構築。 また、各個別の技術的事項の説明として、基本設計方針での記載事項、分割申請における添付書類での記載事項の展開方法等の明確化を図るための仕組みを整備。 上記の仕組みに基づき条文ごとに基本設計方針等の記載内容の整理を実施中。 整理の結果、現状において、再処理施設（（施設変更設工認 1項変更:3申請書）、建設設工認（2項変更:4申請書）、別工認（2項変更:2申請書）、合計9申請書）、MOX（1項新規:3申請書、2項変更:4申請書、合計7申請書）の申請を計画

1. 1 論点に対する説明状況：共通事項(2/2)

【共通事項】

主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
③	共通	使用前事業者 検査	<ul style="list-style-type: none">• アクティブ試験等の影響によってアクセス性の観点から検査実施に支障が生じる設備の検査成立性を示す。• ガラス溶融炉の機能・性能検査に伴う試験使用の対象となる範囲等を示す。• 既設設備に対する腐食を考慮する容器等の検査の判定基準を示す。	<ul style="list-style-type: none">• アクティブ試験等の影響によってアクセス困難な設備に対する検査の成立性について、全ての機器等の調査を完了し、検査が成立することを確認：説明済（7/26審査会合）• ガラス溶融炉の機能・性能検査内容及び試験使用範囲：説明済（6/28審査会合）• 既設設備に対する腐食を考慮する容器等の検査の判定基準：説明済（6/28審査会合）

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(1/4)

【個別事項：耐震（建物・構築物）】

主な説明項目		進捗状況	
		説明すべき事項	対応状況
①	耐震 (建物・構築物)	<p>地震応答解析に用いる地盤モデルの設定</p> <p>設計用地盤モデルについて以下の確認を実施する。</p> <p>a.設計用地盤モデルの設定の考え方が適切であることについて、設計用地盤モデルの設定に用いるデータの選定や物性値の算定方法の考え方の妥当性を示すことにより確認する。</p> <p>b.設計用地盤モデルによる地震波の伝播特性が適切に設定されていることについて、地震観測記録を用いたシミュレーション解析により確認する。</p> <p>c.建物・構築物の直下PS検層データにおいて、その速度構造が設計用地盤モデルにおいて考慮している地盤物性のばらつき幅を超えるデータが得られていることについて、建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を行い、施設の耐震性に影響が無いことの確認を行う。</p>	<p>左記 a. ～ c. に係る確認方針及び結果についての説明をこれまで実施した。これまでの審査会合における指摘事項を踏まえ、今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルの考え方について整理した。（本日説明）</p>

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(2/4)

【個別事項：耐震（建物・構築物）】

主な説明項目		進捗状況		
		説明すべき事項	対応状況	
②	耐震 (建物・構築物)	埋込み効果の考慮	<ul style="list-style-type: none"> 既設工認からのモデルの変更点として埋め込み効果を考慮することとし、側面地盤ばねの設定に関する考え方について整理 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15審査会合にて説明済
③		隣接建屋の影響	<p>隣接建屋の影響を考慮せず、各建物・構築物毎に独立して構築した解析モデルを用いても耐震安全性評価において安全上支障がないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> 3次元地盤FEMモデルを用いて、建屋の配置状況を反映した地震応答解析の結果、建屋単独モデルの応答に対し増幅が見られるなど、隣接建屋の影響がみられる場合は、耐震評価に与える影響を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 6/28審査会合にて説明済

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(3/4)

【個別事項：耐震（建物・構築物）】

主な説明項目		進捗状況	
		説明すべき事項	対応状況
④	耐震（建物・構築物） 建物・構築物の設計用地下水位の設定	<p>建物・構築物の耐震評価において、設定している設計用地下水位が適切であること。</p> <p>a.地下水排水設備に囲まれている建物・構築物、囲まれていない建物・構築物、それぞれに対する設計用地下水位の設定の考え方</p>	<ul style="list-style-type: none"> 説明すべき事項に関連する以下の整理・評価を実施 a.設計用地下水位は、地下水排水設備に囲まれている建物・構築物の地下水位の低下を考慮し基礎スラブ上端以下の設定とし、外側に配置する建物・構築物は保守的に地表面に設定とした。 ⇒説明済（6/28会合）
		<p>b.地下水排水設備に囲まれている建物・構築物において、設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に維持することを前提として、建物・構築物の耐震評価を行うことから、以下の事項について説明を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> 地下水排水設備の設工認における位置づけ 地下水排水設備の要求機能の維持に係る設計（耐震・電源他）の考え方 	<ul style="list-style-type: none"> b.地下水排水設備について、以下の通り位置づけを明確にした。 地下水排水設備の要求事項に基づき、基本設計方針、設工認申請上の取扱いについて整理した。 地震時及び地震後において設計用地下水位を維持することを前提とする建物に設置する地下水排水設備（集水管、ポンプ等）について基準地震動Ssに対して機能維持する設計とする。 外部電源喪失時への考慮として、非常用電源設備または基準地震動Ssに対し機能維持が可能な発電機に接続する。 ⇒説明済（6/28会合）
		<p>c. 地下水排水設備の外側に設置される建物・構築物に対する液状化の施設への影響を網羅的に整理し、その影響に対して施設の周辺状況に応じて体系的な評価フロー・方針を示す。</p>	<ul style="list-style-type: none"> c.地下水排水設備の外側に設置される建物・構築物に対する液状化の施設への影響を網羅的に整理し、その影響に対して施設の周辺状況に応じて体系的な評価フロー・方針を示した ⇒説明済（6/28会合）
			追而
⑤	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> 設備の形状等に基づく水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響の可能性のある部位の抽出及び評価方針 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15審査会合にて説明済

1. 2 論点に対する説明状況：地震による損傷の防止(4/4)

【個別事項：耐震（機器・配管系）】

主な説明項目		進捗状況		
		説明すべき事項	対応状況	
①	耐震 (機器・配管系)	「S sの床応答曲線の加速度を係数倍した評価用床応答曲線 S d」と「弾性設計用地震動 S dから作成した床応答曲線 S d」について	<ul style="list-style-type: none"> 弾性設計用地震動 S d の評価に用いる床応答曲線は、許可との整合性の観点から先行発電プラント同様に弾性設計用地震動 S d により評価 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15 審査会合にて説明済
②		耐震評価対象の網羅性、既設工認との手法の相違点の整理について	<ul style="list-style-type: none"> 網羅性に対して抜けが無いことの確認として、以下 4 つの観点から、説明する評価項目に抜けが無いことを確認 (1) 事業許可との整合性 (2) 既設工認からの変更点 (3) 新規基準における追加要求事項 (4) その他先行発電プラントの審査実績 	<ul style="list-style-type: none"> 3/15 審査会合にて説明済
③		機器・配管系の類型化に対する分類の考え方について	<ul style="list-style-type: none"> 評価方法、説明方法の類型化について設備の特徴、評価手法により分類し、さらに説明の効率化として類似した分類ごとに説明を行い、分類ごとの代表設備の考え方を説明 	<ul style="list-style-type: none"> 4/13 審査会合にて説明済 (ただし、全体の類型化及び代表設備の考え方については、共通側で今後対応する)
④		水平 2 方向の組合せに関する設備の抽出及び考え方について	<ul style="list-style-type: none"> ○水平 2 方向影響確認の考え方について <ul style="list-style-type: none"> 水平 2 方向影響に対する影響確認実施内容及び設備形状に応じた影響有無に対する考え方 ○水平 2 方向の設備分類と類型化分類との関係について <ul style="list-style-type: none"> 類型化における分類と水平 2 方向の設備分類との関係性の整理結果 	<ul style="list-style-type: none"> 6/28 審査会合にて説明済

1. 3 論点に対する説明状況：外部衝撃による損傷の防止

【個別事項：外部衝撃による損傷の防止】

主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
①	竜巻	飛来物防護ネットの健全性について	・防護ネットの構造及び評価の考え方	・6/28審査会合にて説明済
			・防護板の必要板厚を設定するBRL式の直径Dの設定の妥当性	・6/28審査会合にて説明済
②	竜巻・火山	荷重影響評価について	・許容限界の設定に関する妥当性 ・空気密度の設定の妥当性（竜巻のみ）	・3/15審査会合にて説明済
③	外部火災	航空機墜落火災対策について	・航空機墜落火災対策としての耐火被覆の妥当性	・6/28審査会合にて説明済

1. 4 論点に対する説明状況：各条文への展開

【個別事項：各条文】

主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
①	各条文	共通事項の説明を踏まえた対応	<ul style="list-style-type: none"> 「分割申請計画の考え方」に基づき、基本設計方針の記載と添付書類及び補足説明資料への展開 	<ul style="list-style-type: none"> 本文、添付書類で記載すべき事項（共通06）で明確にした対応事項を踏まえ、「各個別の技術的事項の説明(各条00資料)」に展開。 内部火災を各条文の代表として、説明すべき内容、記載すべき事項を整理。また、第1回申請の主要な条文（耐震、外部衝撃）を代表として各条00資料の作成方針を確認し、その結果を踏まえて順次各条文へ展開中。

1. 5 補正に向けたスケジュール

項目		2021年			
		7月	8月	9月	10月
		審査会合▼	審査会合▽		補正▽
共通事項	設工認申請に関する共通事項 ・申請対象設備の明確化 ・分割申請の全体計画の提示	各個別の技術的事項の考え方の説明			↑
		各個別の技術的事項に関する資料作成			
耐震 (建物・構築物)	耐震（建物・構築物） ・地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 ・建物・構築物の設計用地下水位の設定	燃料加工建屋 耐震評価			↑
		冷却塔 耐震評価			
		飛来物防護ネット 耐震評価			
設工認申請書の作成				申請書作成	↓

2. 設工認申請に係る対応状況（全般事項）

2. 1 申請対象設備の明確化等

令和2年12月の申請時点では、十分に対応できていなかった申請対象設備の明確化等について、これまでに以下のとおり対応してきている。

<申請対象設備の明確化>

- 作業者に設備の選定基準を明確にするための手順を策定し、抽出作業を標準化した上で、申請対象設備約4万（安全重要な施設約1.5万、SA設備約5千、他約2万）の抽出作業を完了。※MOX約6千（別に容器類6千）
- 上記抽出結果の網羅性の検証のため、設工認本文の基本設計方針と対象となる設備とを紐づけて確認する仕組みの整備、技術基準規則の条文ごとに基本設計方針として記載すべき事項の整理を実施。当該仕組みに基づき作業を進めており、9月中には検証を完了予定。

（申請書記載事項等の整理）

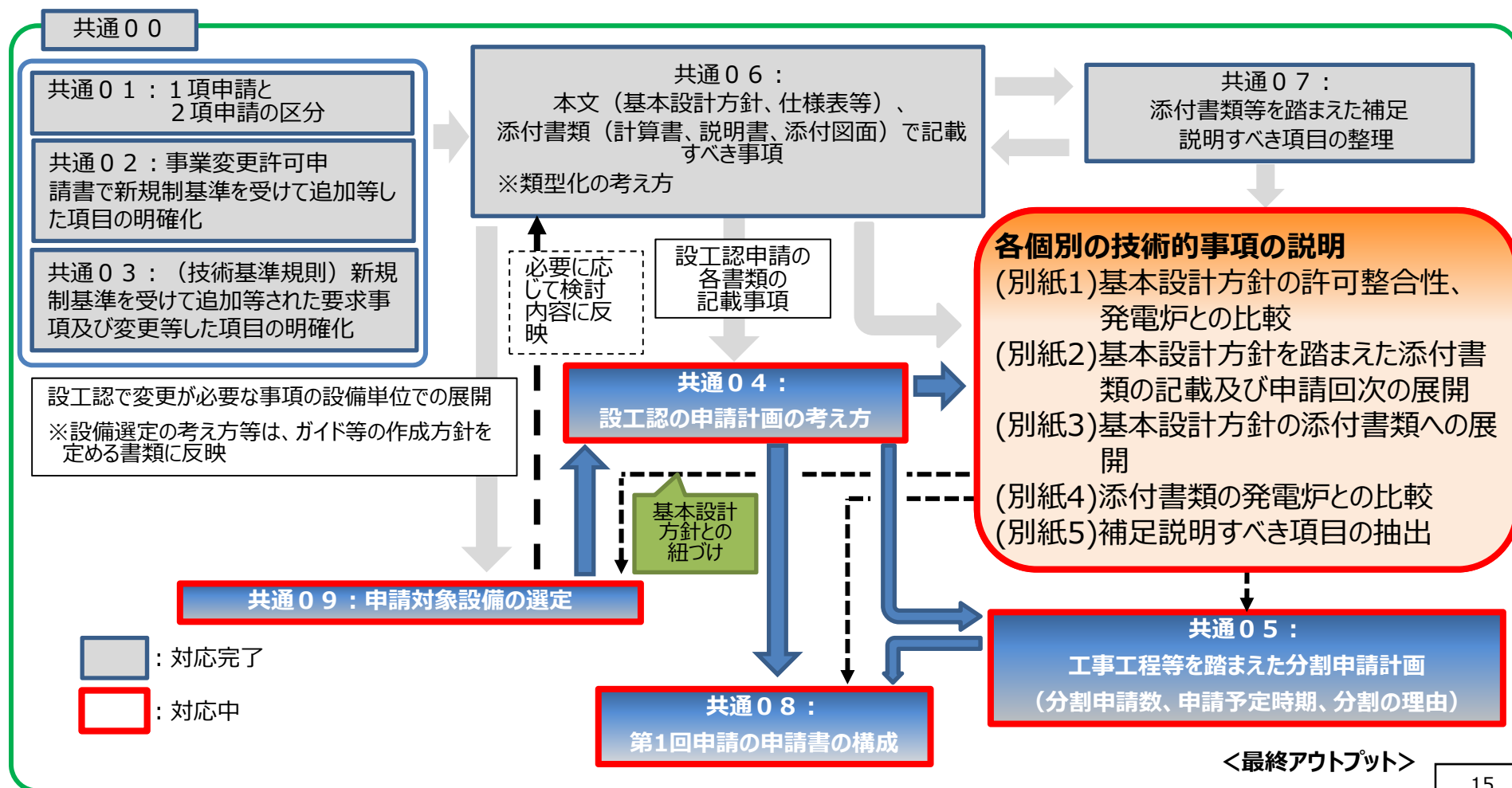
上記を踏まえた申請書本文、添付書類等それぞれへの記載事項の整理を進めているが、10月頃まで時間を要する見込みであり、完了後に補正申請を予定。

<分割申請計画の考え方>

- 法律上の申請区分の整理等を改めて行い、申請対象設備の抽出結果を踏まえた、分割申請計画を策定中。再処理施設については、提出時期を3回にわけて合計9申請書、MOXについては、提出時期を4回にわけて合計7申請書を計画している。
- 地盤モデル設定による耐震評価への影響検討等を行っており、第2回以降の申請時期は未定。

2. 1 設工認申請にあたって整理すべき事項 共通的な補足説明資料において説明する事項

- 事業指定（許可）基準規則、技術基準規則等の設工認を作成するために考慮すべき事項を網羅的に整理し、体系的に設工認を作成する手法として、共通的な補足説明資料により仕組みを構築した。（以下のフロー）。
- また、共通的な補足説明資料からの展開として各個別の技術的事項の説明（各条00 別紙シリーズ）の仕組みを作り、これに基づき設工認として記載すべき事項等の明確化を図る計画。
- 申請対象設備の選定については、基本設計方針の要求事項との関係を踏まえて申請対象設備の全体像を整理するとともに、その中の構成機器等を分割する必要のある設備に対して設計情報の色塗りにより設備抽出の作業を実施。



2. 2 設工認申請にあたって整理すべき事項 これまでの問題点と改善策

設工認本文の基本設計方針と対象となる設備とを紐づけて確認する仕組みに基づく抽出結果の網羅性の検証及び共通的な補足説明資料からの展開として各個別の技術的事項の説明（各条00 別紙シリーズ）の仕組みを作り、これに基づき設工認として記載すべき事項等の明確化を実施。

これまでの取り組み

- ① 許可整合の観点、技術基準への適合の観点で設工認申請対象設備のリストを作成していたが、網羅性の説明が不十分だったため、抽出結果の網羅性の検証のため設工認本文の基本設計方針と対象となる設備とを紐づけて確認する仕組みの整備、技術基準規則の条文ごとに基本設計方針として記載すべき事項の整理、基本設計方針と申請対象設備の紐づけを実施。
- ② 各個別の技術的事項の説明（各条00 別紙シリーズ）の最初（別紙1：基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較）で許可整合の観点での基本設計方針の作成及び設工認の基本設計方針として明確にすべき事項の抜け漏れをなくす目的で発電炉との比較による記載の適正化の作業を実施。
- ③ 当初の対応では、発電炉の工認の記載を踏襲しすぎたため、許可整合の観点で記載が不十分であったため、資料修正にあたり「許可整合をベースとして、発電炉との比較により設工認の担保事項としての記載程度等の適正化を図る」ことを再確認したうえで、作業を実施。その結果、別紙1の案の作成が概ね完了。

今後の作業

- ① 設計図書等の色塗りにより抽出した設備と別紙2における基本設計方針との紐づけをすることにより申請対象設備抽出の網羅性の検証を実施。
- ② 別紙1で作成した基本設計方針を起点として、別紙2、別紙3による分割申請における基本設計方針や添付書類の展開方針、各回次の申請対象設備等の明確化、別紙5による補足説明が必要な事項の抽出及び分割申請における補足説明資料の展開方針、別紙4として添付書類の発電炉との比較を順次作成。これらの別紙シリーズにより、申請書本文、添付書類等それぞれへの記載事項の整理を実施。

2. 3 分割申請計画の考え方

- 条文ごとの別紙シリーズ資料により、分割する各申請書で技術基準適合性を整理
- ✓ 基本設計方針ごとに要求種別及び各申請書で対象となる申請対象設備を明確化（各設備レベルで分割申請における申請回次を整理）
- ✓ 各申請書の基本設計方針、添付書類の記載対象、範囲を明確化
- 設備数が多く、一つの系統の設備が複数の申請書に跨って申請する場合があるため、その場合の申請書における示し方を明確化
- また、再処理施設の場合、新規制基準で要求事項に変更がある場合と、機能要求に係る要求事項に変更がなく、評価要求に係る部分のみが申請対象となる場合があるため、評価要求のみを変更申請の対象とする場合の申請範囲等の整理方針を明確化



- 再処理施設は、設備の設計進捗等を踏まえ3つのグループに分けるとともに、さらに廃棄物管理施設との低レベル廃棄物貯蔵設備の共有（優先的に申請を計画）、施設変更設工認と建設工認の変更申請の違いなどを考慮し、申請グループの中の申請をさらに分割
- MOX燃料加工施設は、建設工事の工程、設計進捗を考慮し4つのグループに分割

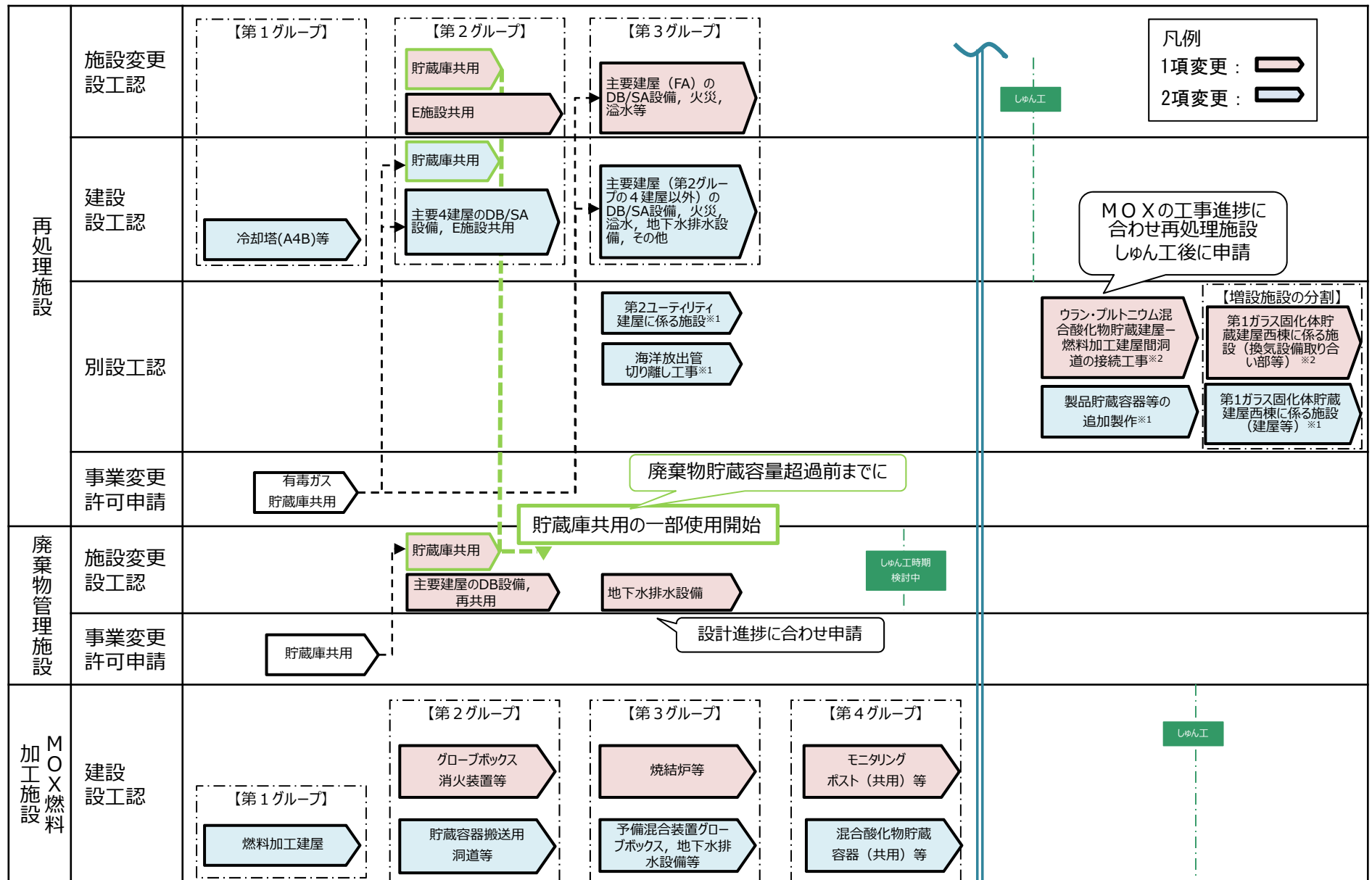


- さらに、第1回申請で確認された論点の第2グループの申請書作成への影響を考慮



これらを踏まえた分割申請計画を策定

2. 4 分割申請計画（現状案）



※1建設設工認とは別に認可を得ている設工認、※2建設設工認とは別に今後申請する設工認

3. 技術的内容に係る説明（耐震：建物・構築物）

第1回設工認申請における耐震再評価結果

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 審査会合における指摘事項と対応方針

■ 審査会合における指摘事項と対応方針

No.	審査会合日	指摘事項	対応方針
1	2021.3.15	エリアごとの平均的な地盤物性値に基づく地盤モデルを用いる場合は、その妥当性の説明ロジックとして、その地盤モデルを入力地震動の評価に用いても安全上支障がないこと、設計用地震力の設定において施設への影響評価も含めて地盤のばらつきが適切に考慮されていることの観点で整理すること。	エリアごとの平均的な物性値に基づく地盤モデルに加え、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
2	2021.3.15	データの拡充にあたっては、各エリア内で得られた調査結果を詳細に示したうえで、地下構造が同様な速度構造であること、PS検層結果と地盤モデルのばらつき範囲の関係性、地表付近でPS検層結果のデータが得られていない部分の扱いについて説明すること。	各エリア内において速度構造が建屋位置ごとに相違していることから、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
3	2021.4.13	第1回申請対象施設である安全冷却水B冷却塔についても近傍データに基づき整理すること。また、他の建物・構築物に対しても第1回申請において示す基本的な方針との関係を踏まえて必要な説明をすること。	安全冷却水B冷却塔について、近傍のPS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
4	2021.4.13	直下もしくは近傍の直下PS検層データが複数得られている場合について、直下地盤モデルとしてばらつきを考慮するのか、ロジックを整理し根拠を明確にして説明すること。	直下PS検層データが複数得られている建物・構築物については、そのデータのばらつきを考慮した耐震評価を実施する方針とする。
5	2021.4.13	表層地盤を敷地全体のモデルとして扱い、そのデータのばらつきの影響評価について、地盤ばねの剛性を変化させた場合の検討として行うのであれば、 $\pm 1\sigma$ を超えるデータがあることに留意すること。	各建物・構築物の直下PS検層データによれば、速度構造設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅を超えるものがあることから、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
6	2021.4.13	Ssや1.2Ssの入力では支持地盤や建物・構築物の非線形が進む可能性を考慮し、その場合の影響も踏まえて施設への影響を確認すること。	直下PS検層データを用いた耐震評価にあたっては、支持地盤の非線形が進む場合を考慮する方針とする。
7	2021.5.25	直下PS検層データを用いた耐震評価を行う対象施設の選定方針について明確にすること。	地盤モデルを用いた地震応答解析を行う建物・構築物に対し、直下PS検層データの速度構造との比較を行った上で評価対象施設の選定を行う方針とする。
8	2021.5.25	直下地盤モデルを用いた評価方針については、今回設工認の基本方針に記載することで検討すること。	今回設工認への反映事項として、左記の方針の対応とすることで本資料に記載。
9	2021.5.25	直下地盤モデルを用いた評価結果の記載場所については、今後申請建屋の影響の大きさに応じて、耐震計算書の別添に限定せず、適切に記載箇所を検討すること。	
10	2021.6.28	直下地盤モデルを用いた耐震評価の設計への反映の考え方について再度検討すること。	今回設工認における入力地震動の算定に用いる地盤モデルの考え方及び第1回申請への反映の考え方について整理した。 (本日説明)

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 (1) 本日の説明内容 (1/2)

■ 入力地震動の算定方針

- 今回設工認における耐震設計では、建屋の埋め込みを考慮するために表層地盤を考慮に加えている。また、基準地震動 S_s が新規制基準を踏まえて大きくなっており、特に表層地盤において非線形性が現れてくる等、設計条件が変化している。
- 上記を踏まえると、入力地震動の算定にあたっては、各建物・構築物直下の地盤の情報を適切に反映することが重要となっている。
- このことから、入力地震動は、各建物・構築物の直下又は近傍の地盤の実態を考慮した地盤モデルを作成し、これに基づき算定する。

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 (1) 本日の説明内容 (2/2)

■地盤モデルの設定方法

- 地盤の実態を考慮した地盤モデルは、各建物・構築物の直下又は近傍の地盤のデータを用いて設定する。

第1回申請施設 : 申請時点において、既認可の地盤モデルをベースとしていたが、当該地盤モデルのデータセットには、第1回申請施設の直下又は近傍のデータが含まれていないことから、これらのデータを用いて作成した「1次元直下地盤モデル」を用いる。
燃料加工建屋
安全冷却水B冷却塔
(基礎, 本体, 飛来物防護ネット)

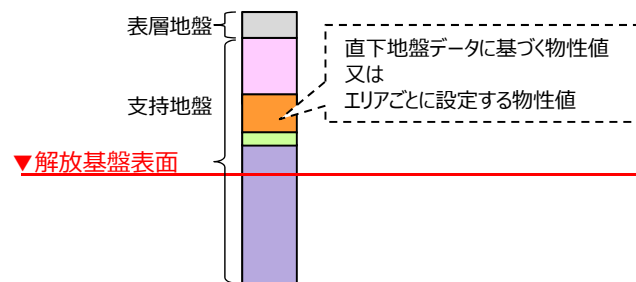
※: 水平2方向及び鉛直方向の地震力の組合せ、一関東評価用地震力(鉛直)の影響及び隣接建屋の影響の評価を含む。

第2回申請以降の施設 : 近接した複数の建物・構築物を同時申請することから、直下又は近傍のボーリングを含むデータに基づいて岩種ごとの地盤特性を整理し、敷地地下の2次元的地盤の拡がりを考慮した「2次元直下地盤モデル」を設定する。

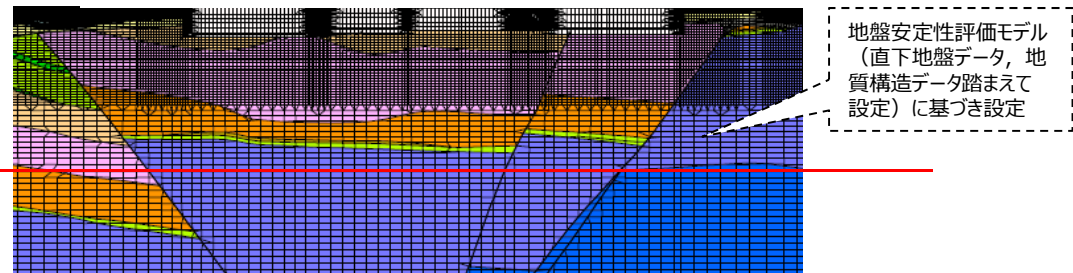
その上で、当初設計時に用いていた敷地内の一定のエリアごとの1次元地盤モデルについて、上記「2次元直下地盤モデル」と同等の科学的な評価が可能どうかを確認する。

⇒確認ができた場合: エリアごとの1次元地盤モデルを用いる。

⇒確認できない場合: 「2次元直下地盤モデル」又は第1回申請施設と同様に施設個別の「1次元直下地盤モデル」を適用する。



1次元地盤モデルのイメージ図

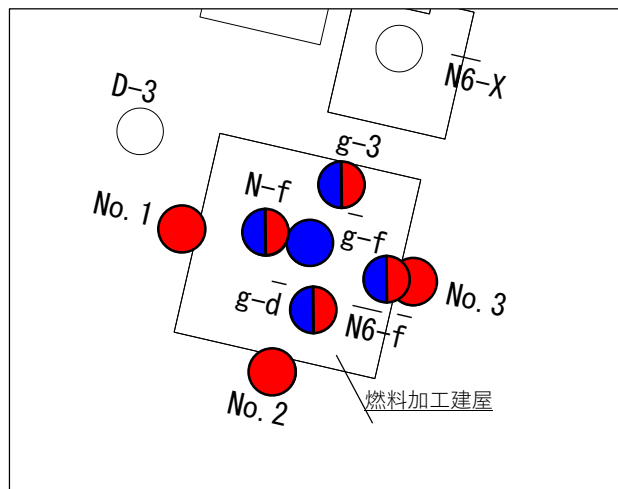


2次元直下地盤モデルのイメージ図

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 (2) 燃料加工建屋の入力地震動算定に用いる地盤モデル

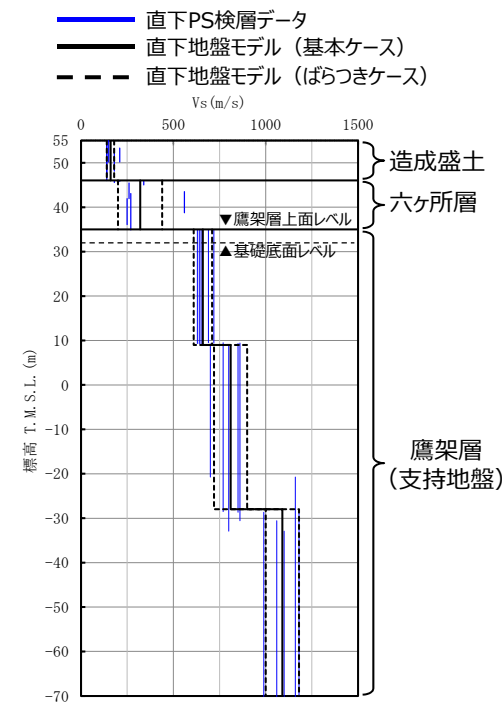
■ 燃料加工建屋の入力地震動の算定に用いる地盤モデル

- 燃料加工建屋の直下地盤モデルの速度構造は、支持地盤及び表層地盤ともに、複数の燃料加工建屋の直下PS検層データに基づき設定した。
- 地盤物性のばらつきケースは、複数の直下PS検層データに基づき設定した。



- : 支持地盤の物性値設定に用いる直下PS検層データ
- : 表層地盤の物性値設定に用いる直下PS検層データ
- : 支持地盤及び表層地盤の物性値設定に用いる直下PS検層データ

燃料加工建屋の直下地盤モデル作成に用いる
直下PS検層データの位置図



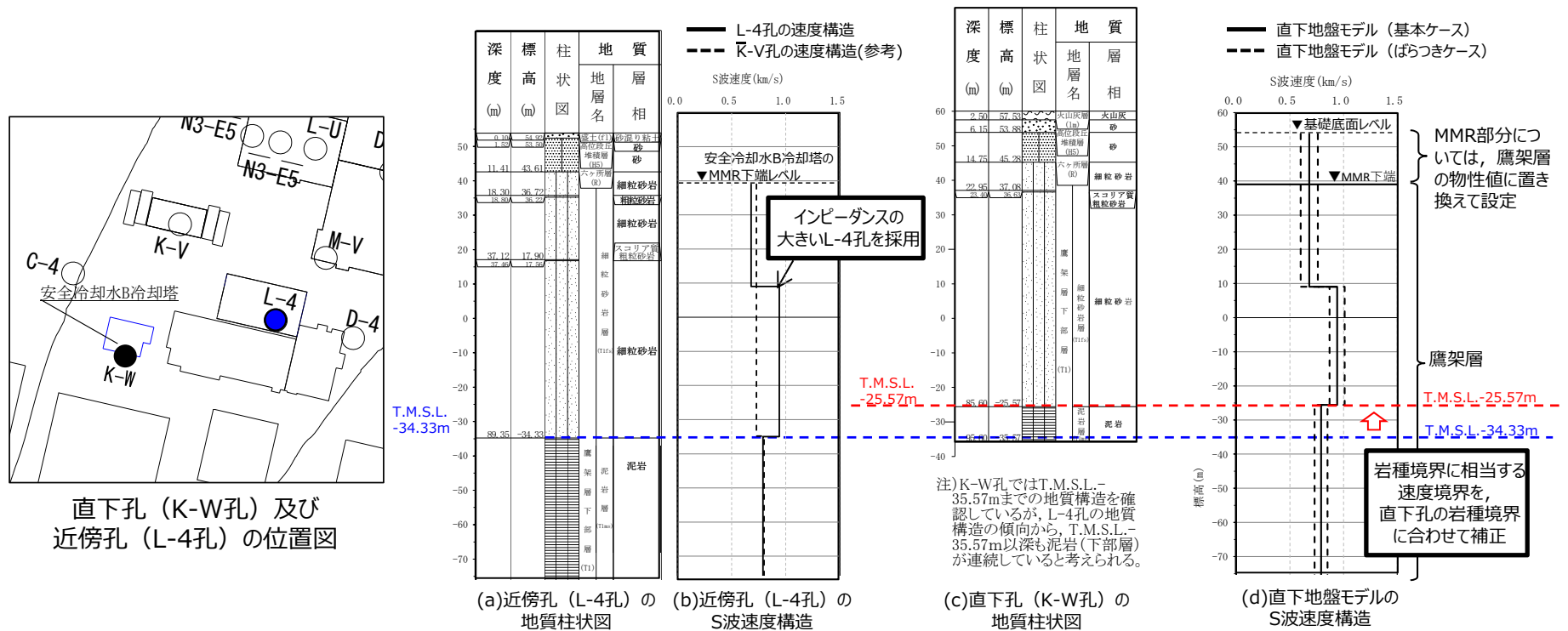
燃料加工建屋の直下PS検層データ及び
直下地盤モデルのS波速度構造

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果

(3) 安全冷却水B冷却塔の入力地震動算定に用いる地盤モデル

■安全冷却水B冷却塔の入力地震動の算定に用いる地盤モデル

- 安全冷却水B冷却塔近傍のL-4孔及びK-V孔を参照し、いずれの近傍孔においても、地質構造が直下のK-W孔と整合していることを確認した。
- 速度構造は、細粒砂岩中に速度境界が認められ、インピーダンスが大きいL-4孔のデータを参照した。また、いずれの近傍孔においても、泥岩上端で速度境界が確認されることから、直下孔での岩種境界レベルに合わせて補正を行った。
- 地盤物性のばらつきケースは、中央地盤のエリア内において複数実施されている支持地盤のPS検層データに基づく速度構造のばらつき幅を参照して設定した。



直下地盤モデルの速度構造と地質構造の対応

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 (4) 直下地盤モデルを用いた耐震評価結果 (燃料加工建屋)

■ 燃料加工建屋の直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

- 燃料加工建屋における直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果に基づく耐震評価を実施中。
- 各評価部位について、以下に示す通り、耐震性は確保できる見通しを得ている。
- 耐震評価結果については、設工認申請書の耐震計算書に反映する。

燃料加工建屋における直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

検討対象部位	検討対象地震動	解析結果		②許容限界	判定
		評価指標	①発生値 (※1)		
耐震壁	Ss	最大せん断ひずみ度 (※2)	0.993×10^{-3}	2.0×10^{-3}	OK

燃料加工建屋の耐震評価見通し

検討対象部位	検討対象地震動	申請時点における耐震評価結果		②応答比率 (直下地盤モデルによる最大 応答値 / 申請時点の最大応 答値)
		評価指標	①応力比又は 検定比※3	
基礎スラブ	Ss	曲げモーメント (kN・m/m)	0.557	1.130
	Ss-C1※4	面外せん断力(kN/m)	0.845	
重要区域の壁	Sd	鉄筋 (水平) の引張応力度(N/mm ²)	0.668	1.162
		鉄筋 (鉛直) の引張応力度(N/mm ²)	0.807	
重要区域の床	Ss※5	曲げモーメント (kN・m)	0.787	1.069
		せん断力 (kN)	0.376	

応力比又は検定比
に応答比率を乗じ
ても1.0以下

※1：最大検定比の発生箇所について記載する ※2：重要区域の壁のSs評価を含む ※3：水平2方向及び鉛直方向地震力による組合せによる評価結果
※4：基礎の評価上もっともクリティカルとなる波の応力解析結果 (検定比) を用いる ※5：Sdでの評価については、Ssでの評価を代表とすることで示す

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 (5) 直下地盤モデルを用いた耐震評価結果 (安全冷却水B冷却塔)

■ 安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

- 安全冷却水B冷却塔における直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果に基づく耐震評価を実施中。
- 各評価部位について、以下に示す通り、耐震性は確保できる見通しを得ている。
- 耐震評価結果については、設工認申請書の耐震計算書に反映する。

安全冷却水B冷却塔の基礎スラブの耐震評価の見通し

検討対象部位	検討対象地震動	申請時点における耐震評価結果		②応答比率 (直下地盤モデルによる最大応答値 / 申請時点の最大応答値)
		評価指標	①応力比 又は 検定比※1	
冷却塔本体 (基礎ボルト) ※2	Ss	せん断	[Redacted]	[Redacted]
基礎スラブ	Ss	曲げモーメント (kN・m/m)		
		面外せん断力 (kN/m)		

※1 水平2方向及び鉛直方向地震力による組合せによる評価結果

※2 冷却塔本体及び基礎スラブの耐震計算書に示している最大応力比又は最大検定比を示す。

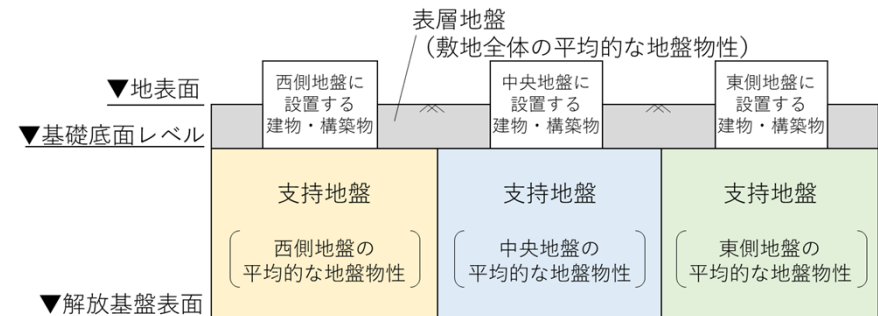
応力比又は検定比に
応答比率を乗じても
1.0以下

3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 (6) 第1回申請施設における申請時点からの変更事項

■入力地震動の算定に係る変更点 (地盤モデル)

申請時点 (2020.12.24) の地盤モデルの考え方

- 敷地内をエリア分割し、エリアごとの平均的な物性値を設定。
(既認可にて用いていた地盤モデルと同じ設定)
- 建物・構築物の埋め込みを考慮し、表層地盤をモデル化。



○当初設計時からの設計条件の変化

- 表層地盤の追加考慮
- 入力地震動の増大 (非線形化の考慮の必要性)

「地盤の実態を考慮した地盤モデル」の設定

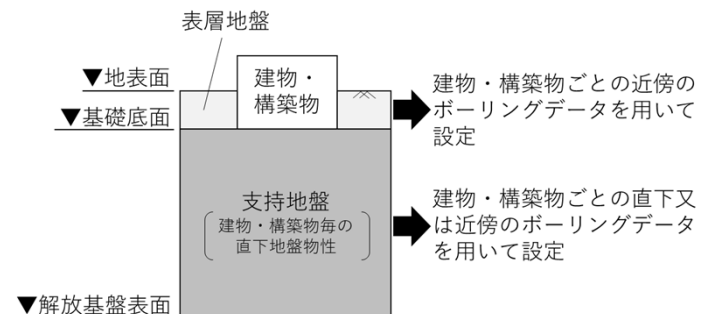
- 建物・構築物直下または近傍の地盤データを用いて作成する。

○申請時点の地盤モデルにおける課題

- 燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔の直下又は近傍の地盤データが含まれていない

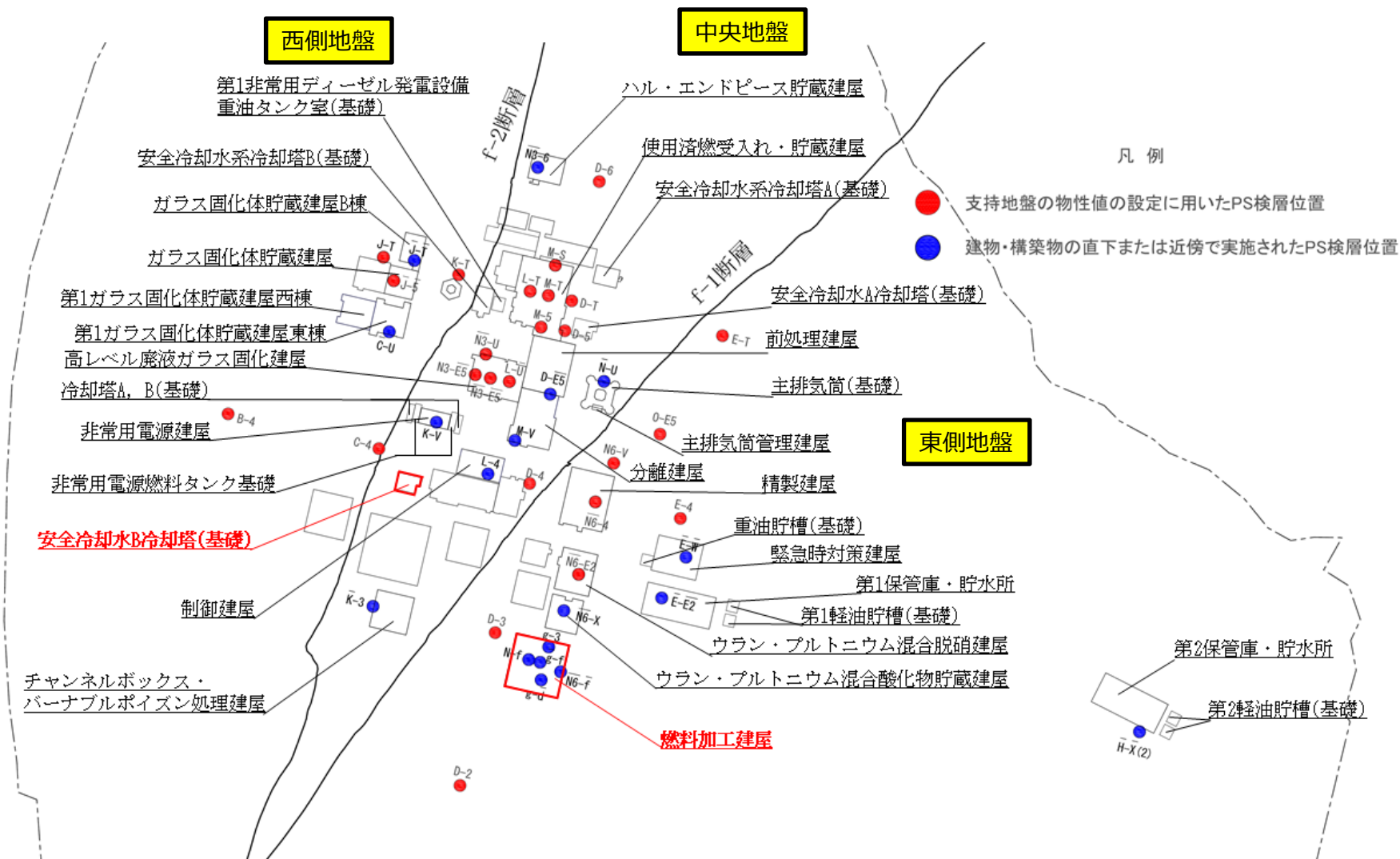
第1回申請施設における「地盤の実態を考慮した地盤モデル」

- 直下又は近傍のボーリングデータを用いて、建物・構築物個別に、「1次元直下地盤モデル」を作成。
- 本モデルに切り替えた場合の耐震評価の再実施中。耐震性は確保できる見通しを得ている。



3. 1 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定及び再評価結果 (参考) 敷地内PS検層位置図

■ 既認可において設定していた地盤モデルの作成に用いているPS検層及び直下PS検層位置



既認可において設定していた地盤モデル(支持地盤)の作成に用いたPS検層位置及び直下PS検層結果が得られているボーリング調査孔の位置

3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価

3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価

(1) 本日の説明内容及び審査会合における指摘事項

■ 審査会合における指摘事項と対応

安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの耐震評価

No.	審査会合日	指摘事項	対応方針
1	2021.7.26	①飛来物防護ネットの上部構造と基礎の耐震評価の全体体系について説明すること。 ②座屈拘束ブレースの設計方針, 目的・採用理由, 配置の考え方, 解析モデルの扱い, 評価方法について説明すること。 ③質点系モデルと3次元フレームモデルでの弾塑性の応答解析結果を比較し, 部材レベルで妥当性及び保守性を示すこと。 ④材料物性のばらつきの扱いについて示すこと。	①全体の評価体系の流れがわかるフローを示す。 ②座屈拘束ブレースの採用理由や配置の考え方などを示す。 ③座屈拘束ブレースの荷重時刻歴, 履歴ループ, 周辺部材の荷重を比較することにより, 質点系モデルが妥当であることを示す。 ④設計体系の中で材料物性のばらつきの考慮方法を示す。

設計用地下水の設定

No.	審査会合日	指摘事項	対応方針
1	2021.3.15	地下水排水設備に要求する機能, 申請対象施設としての取り扱い, 耐震設計上の位置づけなどについて明確に整理すること。	地下水排水設備の要求機能, 耐震設計上の位置づけ, 申請対象施設としての取り扱いについて整理した。
2	2021.4.13	地下水排水設備の設計方針については, 先行炉の整理も踏まえて示すこと。	
3	2021.4.13	出入管理建屋の設計用地下水位について, 耐震評価上の位置づけを整理すること。	出入管理建屋は, 地下水排水設備の外側に配置されていることから, 設計用地下水位を地表面に設定する。 出入管理建屋の耐震評価方針等については, 当該施設の申請回次において示す。
4	2021.3.15	液状化の影響を受ける可能性のある施設については, 今回申請だけでなく今後の申請対象施設も含めて, 施設の網羅的な抽出をまず行った上で, 液状化の影響を考慮した設計の考え方を体系的に整理して説明すること。	第1回申請対象施設である杭基礎である安全冷却B冷却塔飛来防護ネットの液状化影響評価の考え方を整理した。
5	2021.4.13	杭基礎の竜巻ネットと洞道で検討内容が異なっていることから, 双方の評価が有効であることを示すこと。	液状化に伴う影響因子, 液状化対象層, 施設周辺の地盤の整理し, 各因子に対して各対象施設が液状化影響がないか体系的に整理した。
6	2021.4.13	液状化の影響検討において, 周辺建屋や支持地盤の傾斜の影響等を踏まえていることを示し, 体系的に整理すること。	
7	2021.6.28	竜巻防護施設の液状化評価について, 各影響因子に対して, 液状化によりどのような荷重の作用を受けて, どのような損傷モードがあり, その上で上位クラスに波及的影響を及ぼすのか等, 背景も含めて整理すること。	竜巻防護施設の液状化評価について, 飛来物防護ネットの耐震計算と合わせて, 液状化時に必要な評価項目を影響因子, 作用荷重, 損傷モード, 波及的影響防止の考え方を明確化することにより評価方針を整理した。
8	2021.6.28	竜巻防護施設の液状化評価について, ウェスタガード補正式を, 液状化した地盤から受ける土圧の算定に用いることができる根拠を示すこと。また, その代替手法が有効応力解析よりも保守的な結果を与えるということ, 実際の液状化時の複雑な土圧の影響を考慮できていることを明確に示すこと。	ウェスタガード補正式の適用性について, 有効応力解析の結果との比較検証を踏まえ, 側方土圧荷重の設定は有効応力解析結果を用いることとした。
9	2021.7.26	地盤液状化による想定事象に対する確認が網羅できていることを示すこと。	耐震設計全体の流れを整理することで地盤液状化にて想定すべき事象が網羅出来ていることを整理した。
10	2021.7.26	有効応力解析における評価条件の妥当性及び結果の保守性についても説明を行うこと。有効応力解析を用いた評価及びその他手法を用いた評価について妥当性を示すこと。	有効応力解析の解析方針について整理した。なお, 杭の耐震裕度を考慮すると, 耐震性は確保できる見通しを得ている。

3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価 本日の説明内容

<評価方針>

①科学的であること

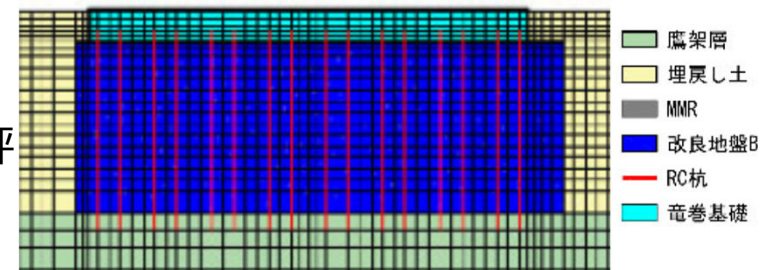
- 杭基礎の評価は液状化を考慮し、側方土圧の算定が適切に評価できる有効応力解析により実施し、飛来物防護ネットへの影響を評価。
- 飛来物防護ネットは、地下の洞道や周辺構造物の配置制約のもとで柱の引き抜き力を低減するために、座屈せずに安定的に塑性化してエネルギーを吸収する「座屈拘束ブレース」を採用。「3次元フレームモデル」で架構全体の応力・変形バランスを評価。

②科学的であることを損なわない範囲での合理的な評価

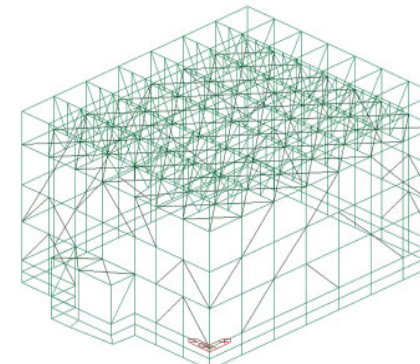
- 上記結果を踏まえ、科学的に同等の評価が可能な「質点系モデル」を用いて、地震応答解析を合理的に実施。その後各部材の応力・断面評価を「3次元フレームモデル」により実施。

<今後の見通し>

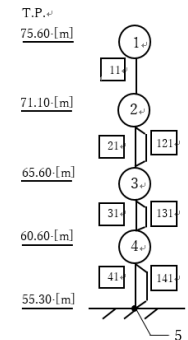
- 液状化を考慮した応力評価について、通常の評価プロセスに加え、より現実に即したモデル化等の検討を踏まえ、見通しを得る取り組みを実施中。9月中に全部材の評価結果を確認。
- 第2回申請以降の飛来物防護ネットについても、同様の評価方針とする。



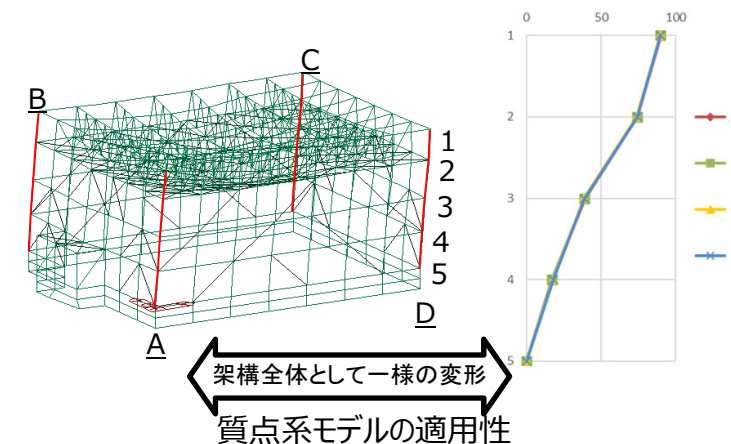
有効応力解析モデル



3次元フレームモデル

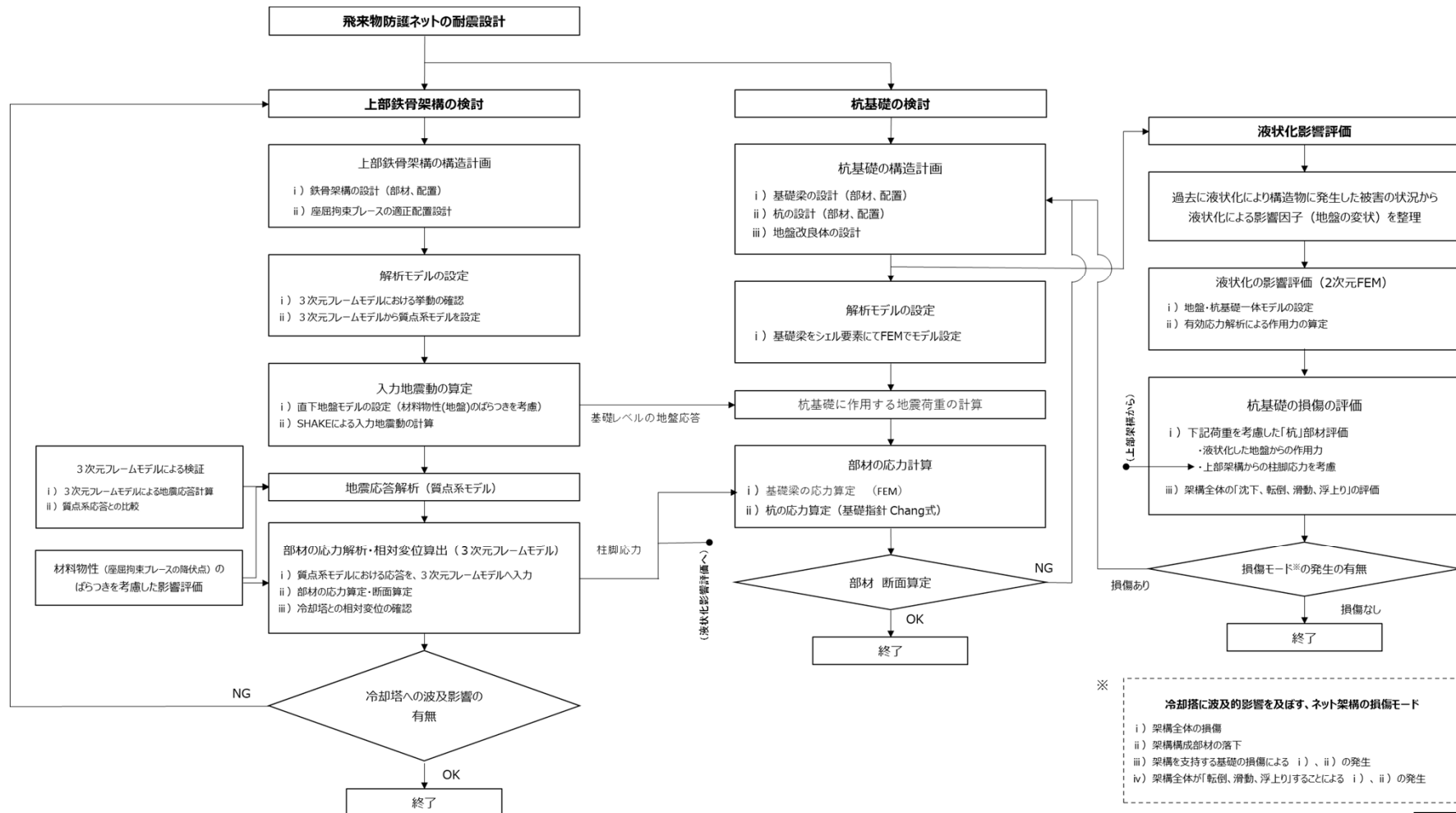


質点系モデル



3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価 (1) 飛来物防護ネットの設計体系

- 飛来物防護ネット（耐震Cクラス）は、防護対象である冷却塔（上位クラス）への波及的影響が無い設計とする。
 - ✓ 上部構造の「損傷、転倒、過大な変形」、「部材の落下」により冷却塔へ接触しないこと。
 - ✓ 杭基礎の「損傷」により上部構造の支持性能を損なわないこと。
 - ✓ 施設全体の「滑動」が生じないこと。
- 耐震評価は、下記フローのとおり上部構造と杭基礎それぞれで実施。地盤の液状化影響評価として有効応力解析を用いる。



3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価

(2) 上部構造から杭基礎に至る耐震評価概要

<上部鉄骨架構の設計>

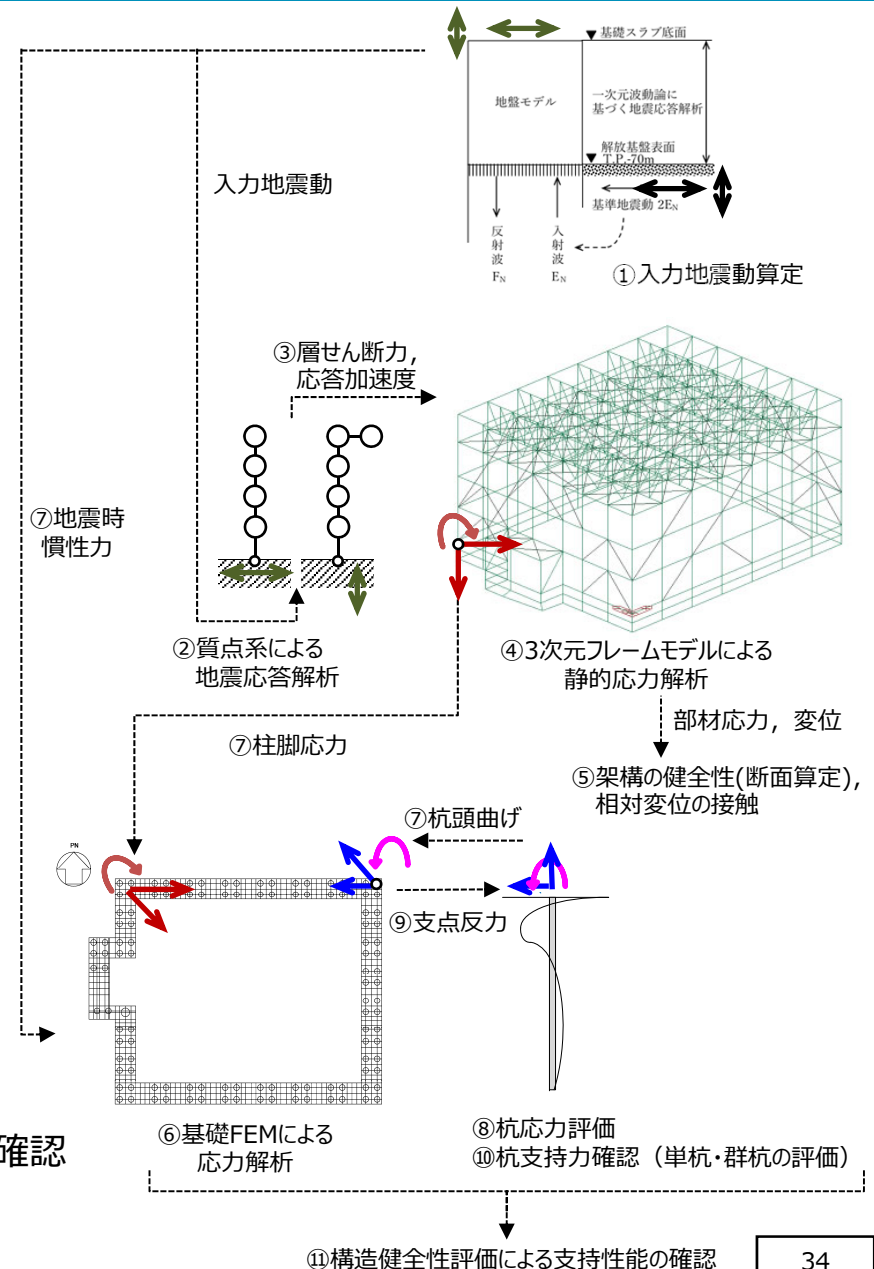
- ① 1次元波動論により直下地盤を用いた入力地震動を算定
- ② 質点系モデルにて地震応答解析
- ③ 層せん断力・応答加速度の算定
- ④ 3次元フレームモデルによる静的応力解析
- ⑤ 架構の構造健全性（断面算定）及び、
相対変位による接触から冷却塔への波及的影響の確認

<基礎評価>

- ⑥ 基礎FEMモデルにて応力解析
- ⑦ 3次元フレームモデルの柱脚応力，基礎自重の地震時慣性力，
杭頭曲げを考慮

<杭評価>

- ⑧ 応力評価は基礎指針（Chang式）により算定
- ⑨ 基礎FEMの支点反力を杭頭に作用
- ⑩ 杭支持力（鉛直支持力，引抜力）は基礎指針に基づき
単杭及び群杭の双方で検討
- ⑪ 基礎，杭，支持力の構造健全性評価により架構の支持性能を確認

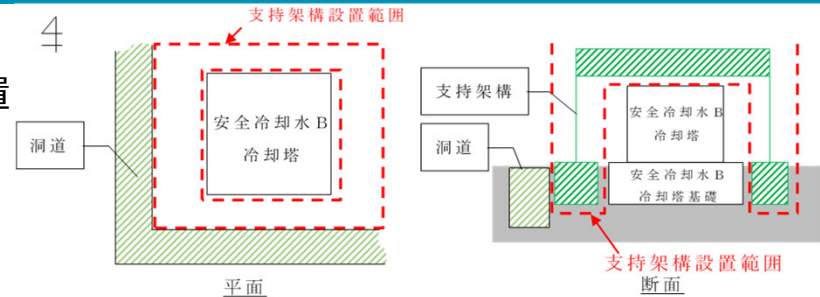


3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価 (3) 上部構造の設計 (座屈拘束ブレースの採用理由, 配置の考え方)

<配置制約・座屈拘束ブレースの採用>

- 地下の洞道や周辺構造物の配置制約により既設冷却塔を囲む配置
- 配置制約を考慮した通常ブレースでの設計では転倒モーメントが大きくなり、柱の引抜き力が大きくなる。

⇒ 「座屈拘束ブレース」の採用により、地震荷重を低減し、柱の引抜き力の低減（転倒モーメントで約4割減）

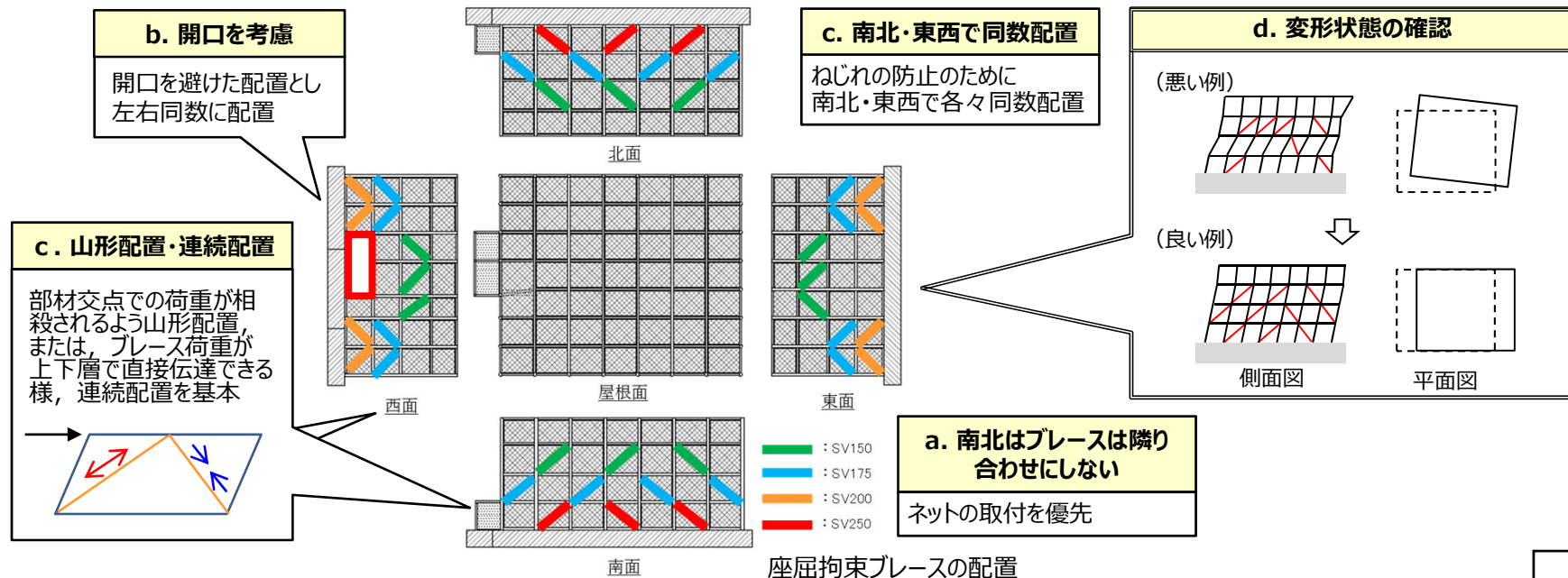


飛来物防護ネットの支持架構の設置場所(配置制約)

<座屈拘束ブレースのサイズ, 本数, 配置の検討>

- 南北面は主設備のネットの取付に配慮し、ブレースが隣合わないように計画
- 東西面は開口・スパン数の制約により、ブレース配置を優先
- 部材交点での荷重の相殺・伝達, ねじれ変形の防止等を考慮
- 3次元フレームモデルでの試解析により、層としてバランスの良い、局所的に偏りのない変形となることを確認

⇒ 各層の変形性能を剛性として反映した「質点系モデル」を構築し、耐震評価を合理的に実施。



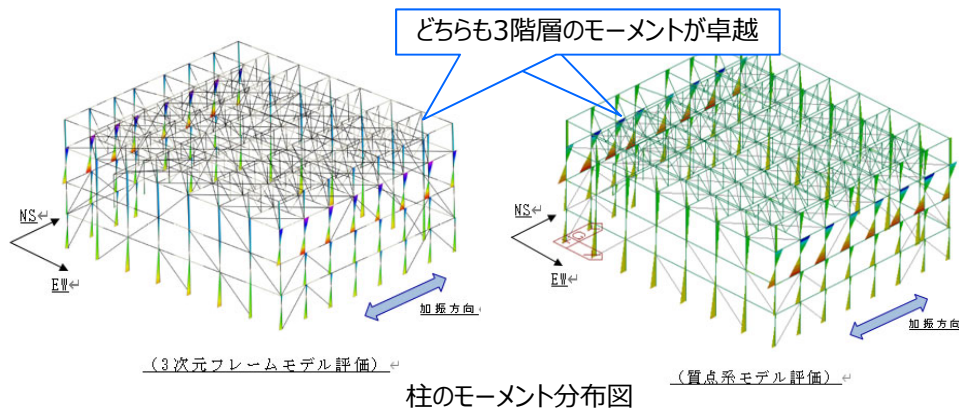
座屈拘束ブレースの配置

3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価

(4) 質点系モデルの妥当性 (3次元フレームモデル時刻歴解析による検証)

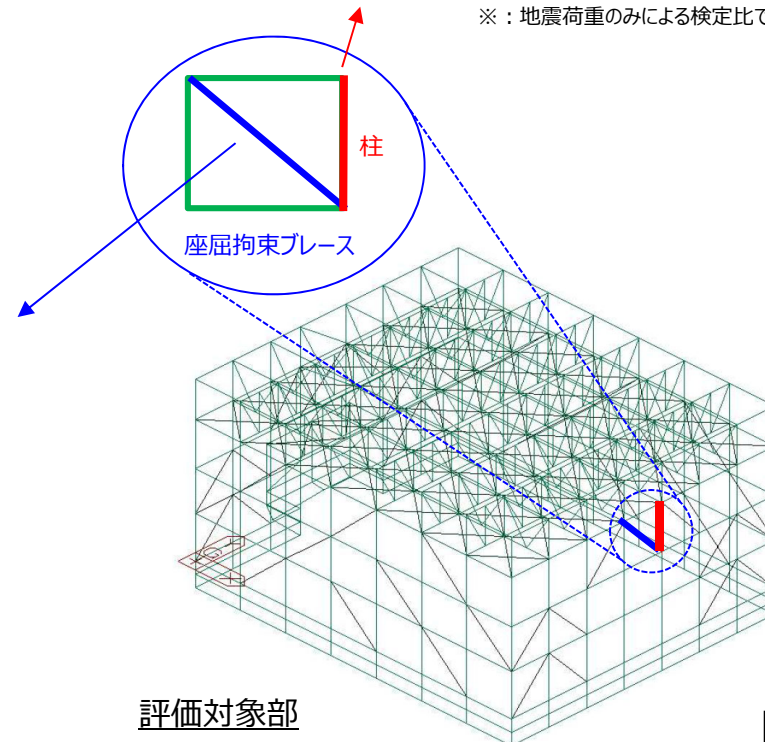
- 3次元フレームモデル評価にて架構全体の評価を実施した上で、特に曲げモーメントが卓越し、検定比の厳しい3階層柱を代表部材とし、3次元フレームモデルでの時刻歴解析と質点系モデルを用いた評価を比較。
- 座屈拘束ブレースの最大ひずみ及びひずみ履歴が同等であること、周辺部材の検定比が同等であることから架構の応答や荷重に大きな違いが生じていないことを確認。

①柱の比較

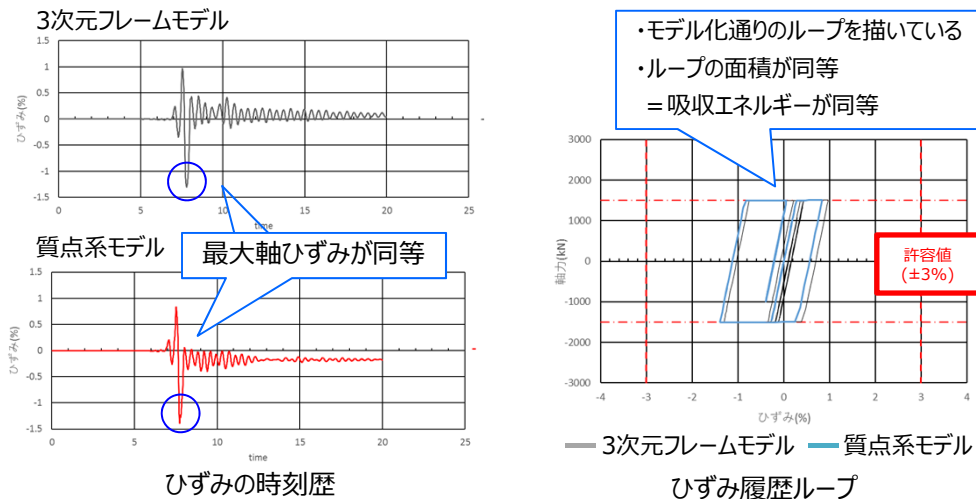


代表部材の検定比		検定値が同等
柱	3次元フレームモデル	質点系モデル
検定値 (組合せ)	0.554※	0.556※

※：地震荷重のみによる検定比で比較



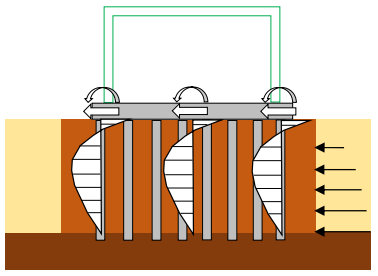
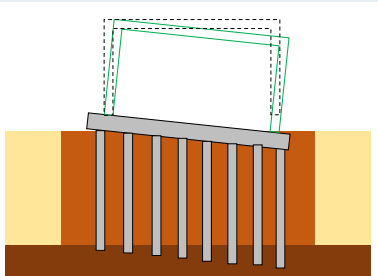
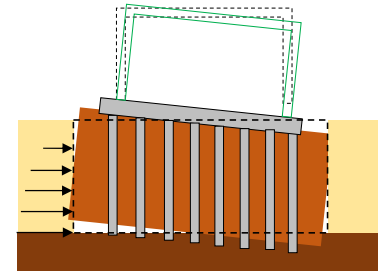
②座屈拘束ブレースの比較 (NS方向)



3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価

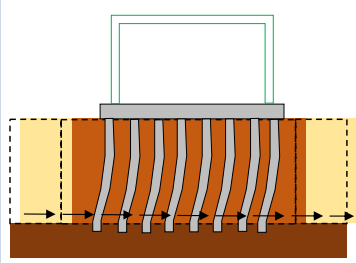
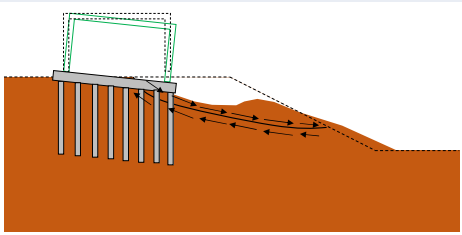
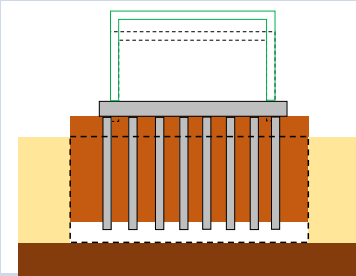
(6) 飛来物防護ネット（杭基礎）の耐震評価（液状化影響評価方針）（1/3）

- 液状化の影響評価に際しては，過去の液状化時の被害事例から抽出した影響因子（以下，①～⑥）に対して，杭基礎の支持機能が維持されていることを確認する。

影響因子	損傷モード	イメージ図	確認方法
①地盤剛性低下	周辺地盤の剛性の低下に伴い杭が支持性能を失う損傷		有効応力解析から求まる，「杭に作用する荷重」と「上部構造から作用する荷重※」を考慮し杭の支持機能が維持されていることを確認する。 ※上部構造の3次元フレームモデルから求まる脚部せん断力・曲げモーメント
②沈下	杭基礎全体の過大な変形による損傷		有効応力解析から求まる杭の鉛直力に対して，鷹架層の極限支持力を下回っていることをもって，杭の支持機能が維持されていることを確認する。
③転倒	杭基礎全体の過大な変形による損傷		有効応力解析から求まる「改良地盤に生ずる側方土圧」及び「改良地盤を含む施設全体に作用する地震力」により発生する転倒モーメントに対して，施設全体が持つ「安定モーメント」を考慮した評価を実施し，転倒しないことを確認する。

3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価

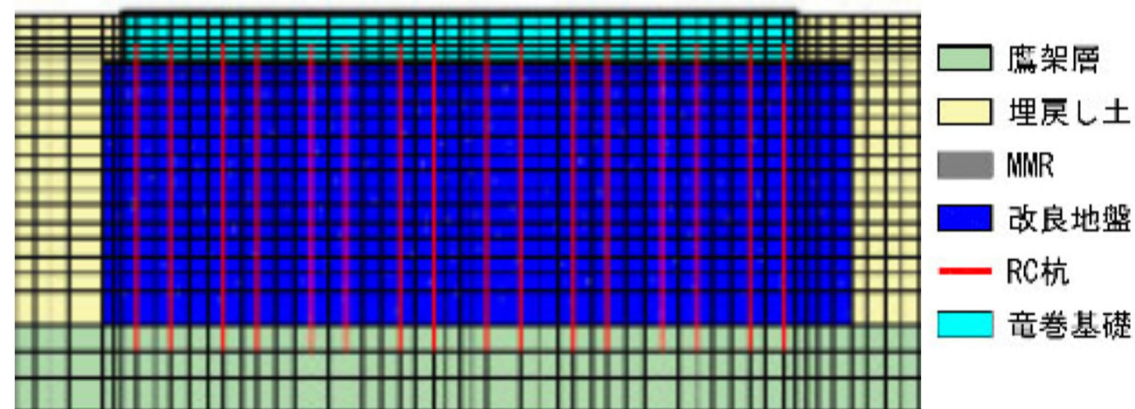
(6) 飛来物防護ネット（杭基礎）の耐震評価（液状化影響評価方針）（2/3）

影響因子	損傷モード	イメージ図	確認方法
④滑動	杭基礎全体の過大な変形による損傷		<p>有効応力解析から求まる側方土圧によって生じる支持岩盤と改良地盤の接合面でのせん断力が、「杭のせん断抵抗力」と「接合面でのせん断抵抗力（JEAG4601-1987による）」を下回っていることをもって、滑動が生じないことを確認する。</p>
⑤側方流動	周辺地盤状況が側方に流動し、杭基礎全体の過大な変形による損傷		<p>施設が設置される場所は高低差がある台地の法肩から100m以上離れていること（道路橋示方書）から側方流動は生じないと評価している。</p>
⑥浮上り	杭基礎全体の過大な変形による損傷		<p>施設の下方に液状化対象層がないこと（浮上り判定基準）から液状化に伴う浮上りは生じないと評価している。</p>

3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価

(6) 飛来物防護ネット（杭基礎）の耐震評価（液状化影響評価方針）（3/3）

- 前項①～④に示した影響因子に対応する影響確認の際に実施する有効応力解析は、以下の方針とする。
- 解析モデルは、埋戻土、改良地盤、鷹架層、MMR、冷却塔基礎、ネット架構の基礎梁、杭及び周辺の構造物等を実情に合わせてモデル化する。この際設定する2次元FEMモデルは、JEAGに基づき設定する。
- 液状化対象層は埋戻土とし、液状化試験結果に基づき、液状化強度曲線を設定する。
- 地下水位は地表面とする。



有効応力解析モデル

3. 2 飛来物防護ネットの耐震評価 (7) 上部構造および基礎・杭の耐震評価結果

■安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの直下地盤モデルを用いた耐震評価結果

- 直下地盤モデルを用いた飛来物防護ネットの上部構造及び基礎・杭の耐震評価を実施中。
- 各評価部位について申請時の地盤モデルにおける評価結果で2割以上の裕度を確認。直下地盤モデルにおいても耐震性は確保できる見通しを得ている。

安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの耐震評価見通し

追而

飛来物防護ネットの 検討対象部位	検討対象 地震動	申請時の地盤モデルにおける耐震評価結果	
		評価指標	検定比※
上部架構 (弾性部材)	Ss	応力度 (軸力 + 曲げ)	0.80
上部架構 (弾塑性部材)	Ss	最大軸ひずみ	0.47
		疲労係数総和	0.18
基礎	Ss	耐力 (軸力 + 曲げ)	0.26
		耐力 (面外せん断力)	0.32
杭	Ss	耐力 (軸力 + 曲げ)	0.27
		耐力 (面外せん断力)	0.19
		支持力・引抜力	0.26

※：座屈拘束ブレースの材料物性のばらつきを考慮した影響評価については、申請時の地盤モデルを用いた評価より影響が軽微であることを確認しているため、直下地盤モデルを用いても評価成立の見通しを得ている。