

再処理施設
廃棄物管理施設
MOX燃料加工施設
ウラン濃縮加工施設

使用前事業者検査の状況及び
設工認申請に係る対応状況（案）

令和3年6月18日



日本原燃株式会社

目次

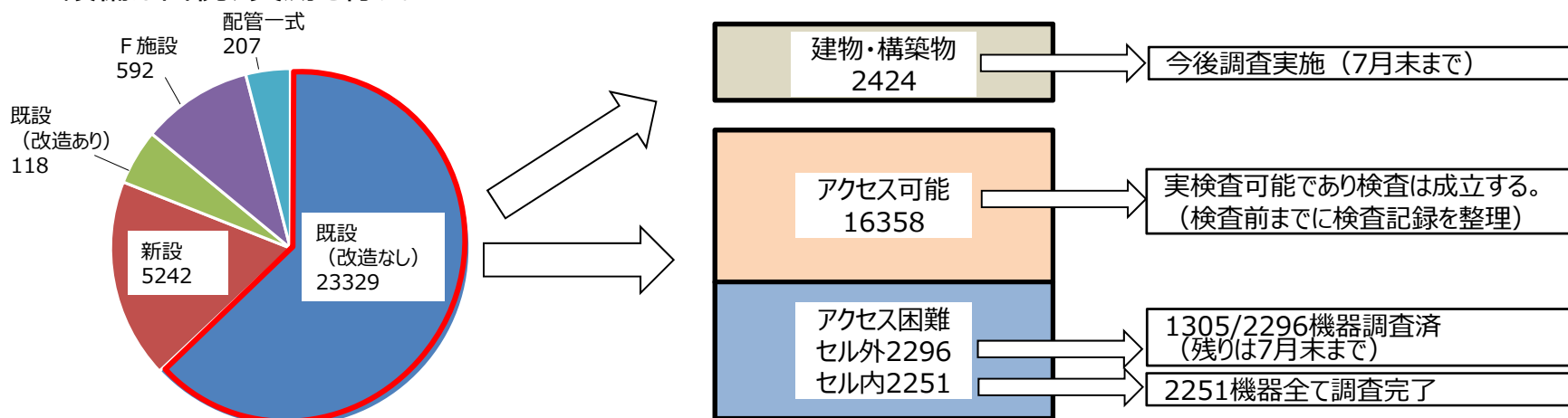
1. 使用前事業者検査の実施方針
2. 設工認申請に係る対応状況
(全般事項)
3. 技術的内容に係る説明
(耐震：建物・構築物) / (耐震：機器・配管系)
4. 設工認申請に係る対応状況
(外部衝撃による損傷の防止)

1. 使用前事業者検査の状況について〈検査の成立性〉

1. 使用前事業者検査の状況について <検査の成立性> (1/2)

<基本的考え方>

- 新設はアクセス可能であり、実検査を実施可能。
- 既設（改造なし／改造あり）は、原燃、協力会社の設計、製作、施工に係るQMS体制を確認するとともに、設計、製作、施工、検査に係る記録を組み合わせて検査を行う。必要に応じて維持管理記録を確認するとともにアクセス可能な設備は目視、実測を行う。



使用事前事業者検査対象の分類イメージ

<現状：6月末>

- セル内の機器全てについて、原燃・協力会社が保有する上記の各種記録があることを確認した。
- 記録が一部不足しているものが51機器あったが、記録の再調査、検証等を行った結果、全て検査記録により検査が成立することを確認した。
- アクセス困難なセル外の機器1305/2296についても、記録があることを確認した。(不足なし)
- 埋込金物・支持構造物について、セル内の機器全てに関連する対象が健全であることを記録により確認した。

<今後の作業：7月末>

- アクセス困難なセル外の機器991/2296、建物・構築物 (2424)、F施設(592)、配管 (207式) について、同様の確認を行う。
- 埋込金物および支持構造物について、アクセス困難なセル外の機器 (2296)、F施設(592)、配管 (207式) に関連する対象が健全であることを確認する。

1. 使用前事業者検査の状況について <検査の成立性> (2/2)

<ガラス溶融炉の機能・性能検査について>

・ガラス溶融炉の機能・性能検査は、設工認仕様表に記載する「処理容量」、「ガラス流下を開始できること」及び「ガラス流下が所定の重量内で停止できること」を確認する。

その際、使用前確認申請書には、ガラス溶融炉の機能・性能検査および気体・液体廃棄物放出放射線検査に必要となる設備を試験使用範囲として明示する。

<腐食を考慮する容器等の使用前事業者検査の判定基準（既設設備）について>

・既設の腐食を考慮する容器等は、設計腐食代を確保していることおよび試験運転による腐食の進行を考慮しても技術基準を満足していることが必要となる。

・当該容器等の使用前事業者検査（寸法検査）では、

①新設時の板厚が「公称値の許容範囲内（素材の公差および加工公差）」

②現状の板厚が「最小厚さ以上」

③「初回の定期事業者検査までの期間以上*板厚が確保できること」

を判定基準とする。

当該の判定基準について、第1回設工認申請書 工事の方法の「2. 使用前事業者検査の方法」に記載（補正）する。

*：「運用開始から初回の定期事業者検査までの期間に、使用前事業者検査から運用開始までの期間を加えた期間」とし、使用前事業者検査要領書において具体的数値を記載する。

<参考 1 : 記録が不足していた機器> (1/2)

No.	名称	数量	使用前事業者検査項目	調査結果				検査成立性
				材料	寸法	耐圧	据外	
1	計量補助槽スチームジェットポンプ漏えい検知ポット (非安重、耐震 Cクラス)	1	材料検査：使用材料の化学成分、機械的強度等が設工認のとおりであること。 寸法検査：寸法（高さ、幅、奥行、板厚）が設工認のとおりであること。 耐圧・漏えい検査：検査圧力に耐え漏えいがないこと。 据付・外観：設工認どおり据付けられ、外観に有害な欠陥がないこと。	×	×	×	○	<ul style="list-style-type: none"> 据付・外観検査記録以外の検査記録不足。 → 記録の再調査（調査する範囲拡大）により、各検査記録を入手できた。 ◆ 検査は、入手した検査記録用いることで記録確認検査として成立する。
2	リサイクル槽サンプリングエアリフトポンプ分離ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		○	×	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 寸法検査記録が一部不足（個別部品）。 → 検証によって不足していた寸法が検査対象部位ではないことを確認した。設工認に記載の寸法の検査記録については保有していることを確認した。
3	アルファモニタセル漏えい液受皿漏えい検知ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		○	×	○	○	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 検査は、寸法検査記録を用いることで、記録確認検査として成立する。
4	プルトニウム濃縮液計量槽サンプリングエアリフトポンプ 2 分離ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		○	×	○	○	
5	溶媒蒸発缶セル漏えい検知ポット (非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	<ul style="list-style-type: none"> 材料判定記録の不足。 → 記録類の再調査によって、各設備の材料証明書を保有していることを確認した。 ◆ 検査は、材料証明書をを用いることで、検査として成立する。
6	混合廃ガス凝縮液受槽(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
7	極低レベル廃ガス洗浄塔(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
8	廃ガスリーフポット(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
9	低レベル無塩廃液受槽デミスタ (非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
10	排ガスポット(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
11	溶解槽セル排気前置フィルタ(安重、耐震 Aクラス)	10		×	○	○	○	
12	せん断機・溶解槽保守セル排気前置フィルタ (安重、耐震 Aクラス)	10		×	○	○	○	
13	凝縮液分配器(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	
14	凝縮液シールポット(非安重、耐震 Bクラス)	1		×	○	○	○	

<参考 1 : 記録が不足していた機器> (2/2)

No.	名称	数量	新検査項目	調査結果				対応
				材料	寸法	耐圧	据外	
15	中間ポット堰付サイホンデミスタ (非安重、耐震 B クラス)	2	<p>材料検査：使用材料の化学成分、機械的強度等が設工認のとおりであること。</p> <p>寸法検査：寸法（高さ、幅、奥行、板厚）が設工認のとおりであること。</p> <p>耐圧・漏えい検査：検査圧力に耐え漏えいがないこと。</p> <p>据付・外観：設工認どおり据付けられ、外観に有害な欠陥がないこと。</p>	×	○	○	○	<p>• 材料判定記録の不足。</p> <p>→ 記録類の再調査によって、各設備の材料証明書を保有していることを確認した。</p> <p>◆ 検査は、材料証明書を用いることで、検査として成立する。</p>
16	中間ポット堰付サイホン真空フィルタ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
17	第1廃ガス洗浄塔洗浄液ポンプ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
18	溶解槽サンプリングエアリフト分離ポット (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
19	サンプリングエアリフトデミスタ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
20	サンプリングエアリフト真空フィルタ (非安重、耐震 B クラス)	2		×	○	○	○	
21	第3一時貯留処理槽サンプリングエアリフトポンプ 分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
22	プルトニウム溶液受槽サンプリングエアリフトポンプ 分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
23	油分分離槽サンプリングエアリフトポンプ分離ポット (非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
24	プルトニウム濃縮缶供給槽サンプリングエアリフト ポンプ分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
25	希釈槽サンプリングエアリフト分離ポット (非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
26	第1一時貯留処理槽サンプリングエアリフトポンプ 分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
27	第2一時貯留処理槽サンプリングエアリフトポン プ分離ポット(非安重、耐震 B クラス)	1		×	○	○	○	
		19						

<参考 2 : 記録が不足していた機器の検証方法 (代表例) >

○計量補助槽スチームジェットポンプ漏えい検知ポット (No. 1)

再調査によって入手した検査記録を用いて材料検査、寸法検査、耐圧・漏えい検査が可能であることを確認。

(材料検査)

設工認記載予定の主要部材の材質 (胴板、鏡板 : ステンレス鋼) の化学成分、機械的強度等がJISを満足していることを証明している材料検査記録 (4 枚) により確認

(寸法記録)

設工認記載予定の主要寸法 (全高、外形、板厚) が測定され、判定基準 (公称値、許容値) を満足していることを寸法検査成績書により確認

(耐圧・漏えい検査)

設工認記載予定の最高使用圧力 (静水頭) により、30分以上、検査圧力 (水頭圧) に耐え、かつ漏えいがないことを耐圧・漏えい試験成績書により確認

○リサイクル槽サンプリングエアリフトポンプ分離ポット (No.2)

検証によって不足していた寸法が検査対象部位ではないことを確認し、寸法検査が可能であることを確認。

(寸法検査)

設工認記載予定の主要寸法 (全高、外形、板厚) が測定され、判定基準 (公称値、許容値) を満足していることを寸法検査成績書により確認

○溶媒蒸発缶セル漏えい検知ポット (No.5)

記録の再調査によって、材料証明書等を保有していることを確認し、材料検査が可能であることを確認。

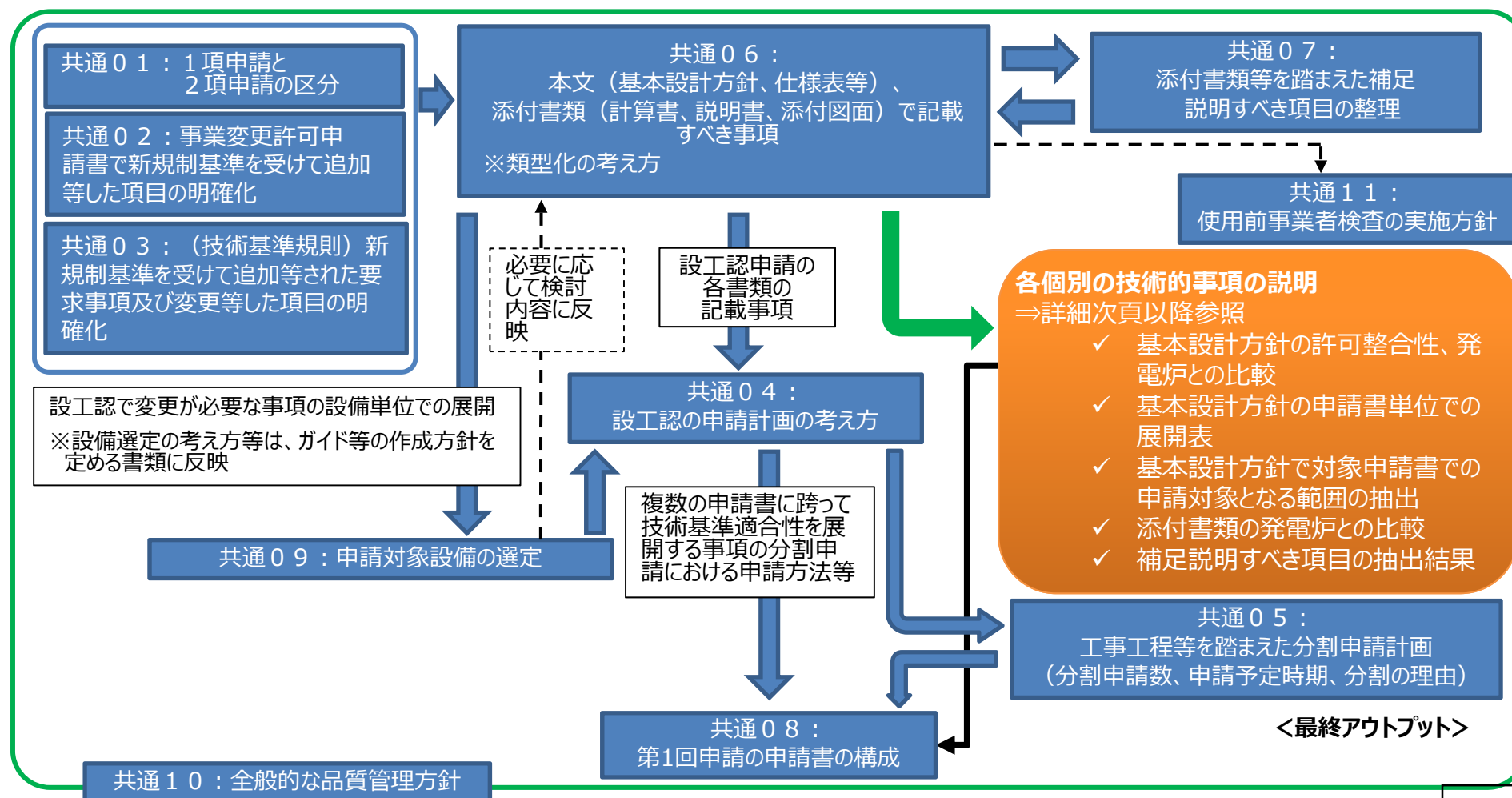
(材料検査)

設工認記載予定の主要部材の材質 (胴板、鏡板 : ステンレス鋼) の化学成分、機械的強度等がJISを満足していることを材料証明書等 (4 枚) により確認

2. 設工認申請に係る対応状況 (全般事項)

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

- 新規制基準を受けた設工認申請について、申請書に記載すべき事項、申請対象設備、効率的な申請等を考慮した分割申請の計画など、申請書作成にあたって明確にすべき事項を体系的に整理するとして事項について、共通の補足説明資料を作成することで共通的な考え方を策定することを審査会合で説明を実施。
- また、共通の補足説明資料のうち、「本文（基本設計方針、仕様表等）、添付書類（計算書、説明書、添付図面）で記載すべき事項」で明確にした記載方針等に基づき個別条文への展開を進めることについても審査会合で説明を実施。



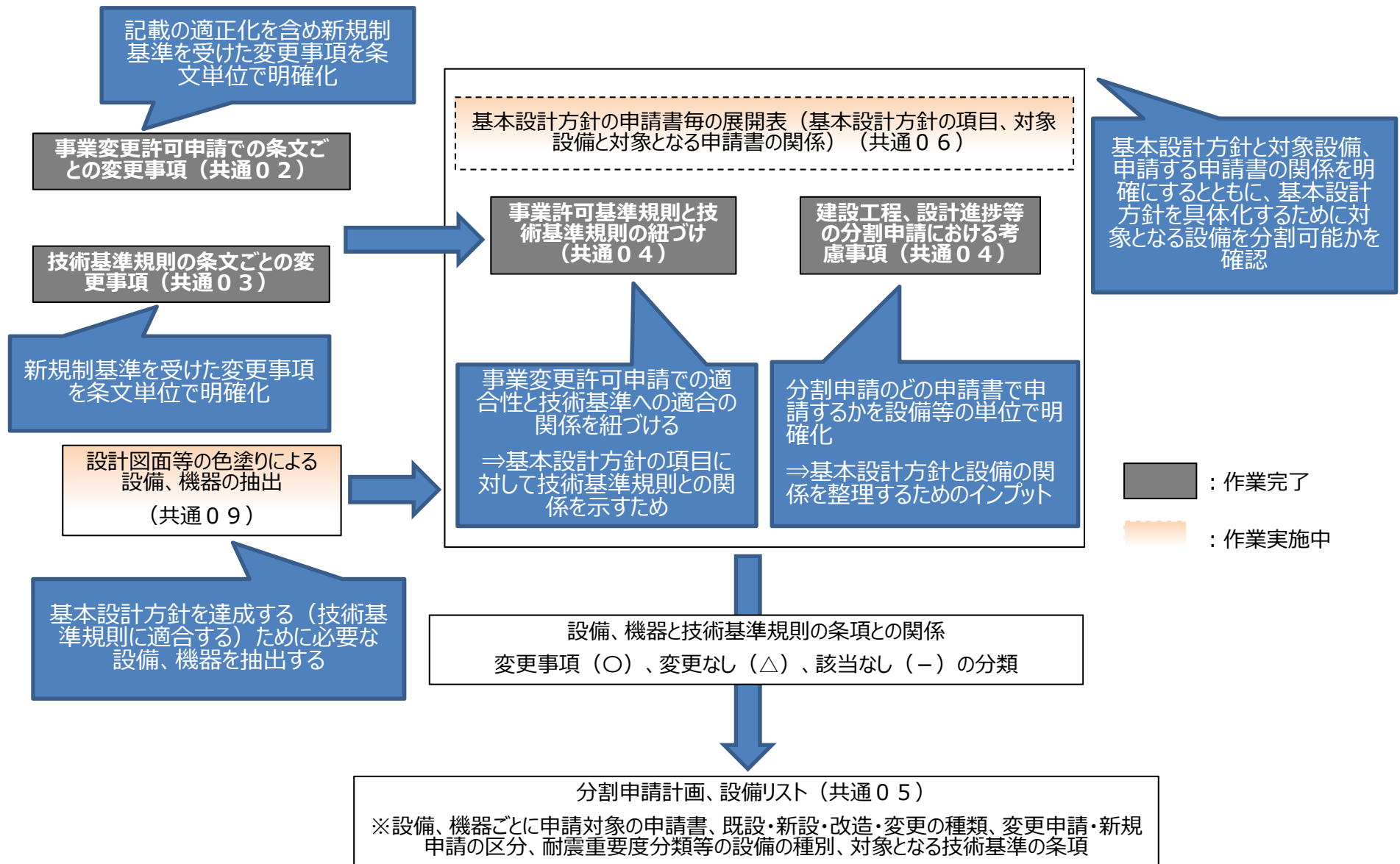
2. 1 設工認申請にあたって整理すべき事項（2/2） 共通的な補足説明資料において説明する事項

- 新規制基準を受けた設工認申請において、基本設計方針、仕様表、添付書類に記載すべき事項の明確化ができたことから、この結果を条文ごとに展開し、第1回申請の基本設計方針対象の適切性を示すため、以下の一連の作業を実施する。
 - ✓ 基本設計方針の許可整合性、発電炉との比較
（許可整合を踏まえた基本設計方針の記載+発電炉の記載との比較による記載の適正化）
 - ✓ 基本設計方針の申請書単位での展開表
（基本設計方針の項目ごとに分割申請全体での展開の明確化）
 - ✓ 基本設計方針で対象申請書での申請対象となる範囲の抽出
（基本設計方針を基に添付書類で示す項目および項目ごとに記載すべき事項の明確化）
 - ✓ 添付書類の発電炉との比較
（基本設計方針を基に展開した添付書類の記載+発電炉の記載との比較による記載の適正化）
 - ✓ 補足説明すべき項目の抽出結果
（基本設計方針、添付書類の記載事項を踏まえて補足説明として必要な項目を抽出）
（発電炉の補足説明項目と比較を行い、必要な補足説明項目の確認）

2. 2 分割申請計画の考え方（1 / 6）

- 分割申請計画の策定に必要な以下の対応を実施した。
 - ✓ 事業変更許可申請での条文ごとの変更事項
 - ✓ 技術基準規則の条文ごとの変更事項
 - ✓ 事業許可基準規則と技術基準規則の紐づけ
 - ✓ 建設工程、設計進捗等の分割申請における考慮事項
- 上記整理を踏まえ、「基本設計方針の申請書毎の展開表」で、分割申請の各申請書で申請対象となる設備、機器を明確にし、技術基準適合を確認する作業を現在実施中である。
(第1回申請の対象となる基本設計方針については概ね作業が完了し、それ以外を順次展開中)
- 「基本設計方針の申請書毎の展開表」で記載する申請対象となる設備、機器について、設工認申請対象設備の選定の結果を順次反映し、対象となる設備、機器の明確化を図っている。
- なお、分割申請計画は、再処理施設、廃棄物管理施設、MOX燃料加工施設における新規制基準を受けた設工認等に係る計画の全体像を示す。

2. 2 分割申請計画の考え方 (2 / 6)



2. 2 分割申請計画の考え方（3 / 6）

建設工程、設計進捗等の分割申請における考慮事項として、主に以下の事項を明確にした。

- 火災等による損傷の防止等
影響評価等については、防護対象設備が出揃ったうえで説明する。
そのため、当該条文に係る適合性を説明する①初回の申請において全体の設計方針を示し、②申請対象設備又は機器等に係る設計の適合性を申請する際には申請対象設備又は機器等が当該方針に合致することを説明することとし、③設備又は機器等が出揃う申請時に影響評価結果等を説明する。
- 複数の設備の設計条件を組み合わせて適合性を説明する設備
複数の設備の設計条件を組み合わせて説明が必要な設備を複数の申請書に跨って申請する場合は、最初の申請において、基本設計方針や添付書類により全体構成を示した上で、当該申請書で申請対象となっていない設備の設計情報として担保すべき事項を明確にする。
- 共用設備
共用する各設備の設計情報が詳細設計上の条件となる場合は、共用する施設を同時期に申請し、それ以外の共用設備については、施設ごとに設工認申請を行う（申請するタイミングは必ずしも関係する施設全てが同時にならない）。

2. 2 分割申請計画の考え方（4 / 6）

○再処理施設／廃棄物管理施設

- 新規制基準を受けた設工認可は、設備が多いこと、建設工程、設計進捗を踏まえると一括での申請が難しいことから、3つのグループに分けて申請を行う。
- 第1グループは、設工認申請書の形式や技術基準の共通条文への対応方針等を整理するため、申請対象を冷却塔（A4B）等に限定して申請
- 第2グループは、廃棄物管理施設の低レベル固体廃棄物貯蔵容量等を考慮し、再処理施設／廃棄物管理施設の共用設備を優先的に申請。さらに、設計工程（建屋直下の地盤物性による耐震評価等）を考慮して、設計が完了する建屋とそれに付随するDB/SA設備および工事工程上優先すべきガラス溶融炉検査に関連する設備、地下水排水設備等を申請
- 第3グループは、上記以外の建屋のDB/SA設備、火災防護設備、溢水防護設備、薬品防護設備、その他設備を全て申請
- 新規制基準施行以前に建設工認とは別の設工認として認可されている施設のうち、しゅん工までに工事等が必要な事項に係るものを、これらが未しゅん工施設（工事中）であることを踏まえ、上記の3つのグループに分けて申請するとした申請とは別に変更申請することとし、時期としては上述の第3グループに合わせて申請

○廃棄物管理施設

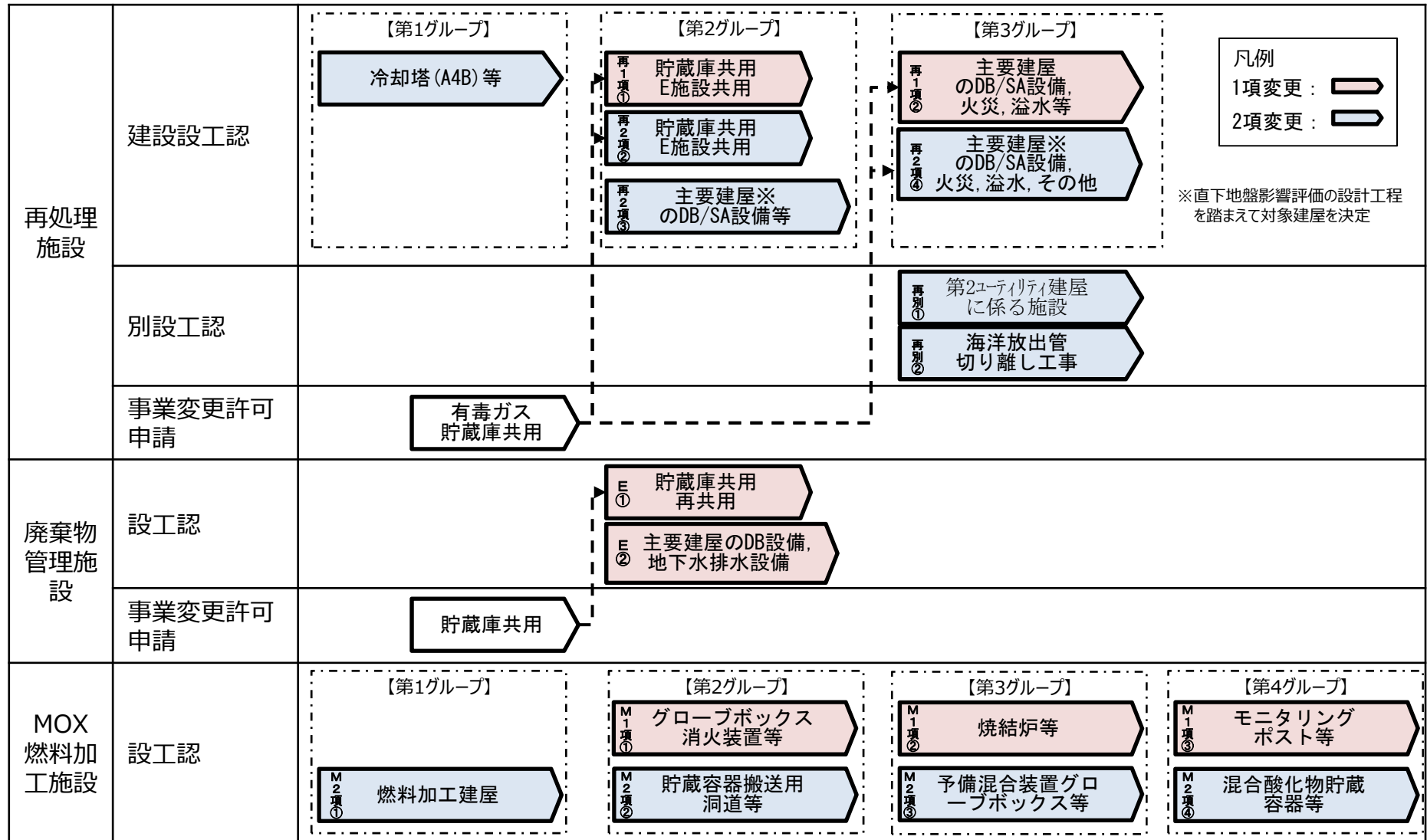
- 再処理施設との共用設備、低レベル固体廃棄物貯蔵、地下水排水設備等に係る設工認を申請する計画であり、設工認後の工事等の工程を踏まえて2つの申請に分けて申請することとし、時期としては再処理施設の第2グループ（共用設備に係る申請）と合わせて申請

2. 2 分割申請計画の考え方（5 / 6）

○MOX燃料加工施設

- 建設工事の段階であることから、建設工事の工程を考慮して4つのグループに分割して申請
- 第1グループは、設工認申請書の形式や技術基準の共通条文への対応方針等を整理するため、申請対象をMOX燃料加工建屋に限定して申請
- 建設工事を地下階から順次実施していくため、設置階の天井を施工する前にあらかじめ設置する必要のあるもの等を優先的に第2グループとして申請
- 新規制基準を受け新たに設置することが必要となった設備で詳細設計を確定するために時間を要するものは、設計の進捗を踏まえて第3グループとして申請
- 再処理施設と共用する設備のうち、MOX燃料加工施設の建設工程に直接影響しないものを第4グループとして申請

2. 2 分割申請計画の考え方 (6 / 6)



3. 技術的内容に係る説明

(耐震：建物・構築物)

- ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定
- ② 設計用地下水の設定
- ③ 隣接建屋の影響

① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (1) 本日の説明内容及び審査会合における指摘事項

■ 本日の説明内容

- 建物・構築物の入力地震動の算定に用いる設計用地盤モデルの設定に関する内容について、これまでの審査会合での指摘を踏まえた対応方針について示す。

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。⇒p21
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。⇒p21
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。⇒p21
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。⇒p21
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、地盤ばねの剛性を变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。⇒p21
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。⇒p21
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。⇒p21
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。⇒p27
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。	

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (2) 直下PS検層データを用いた耐震評価対象施設の選定方針

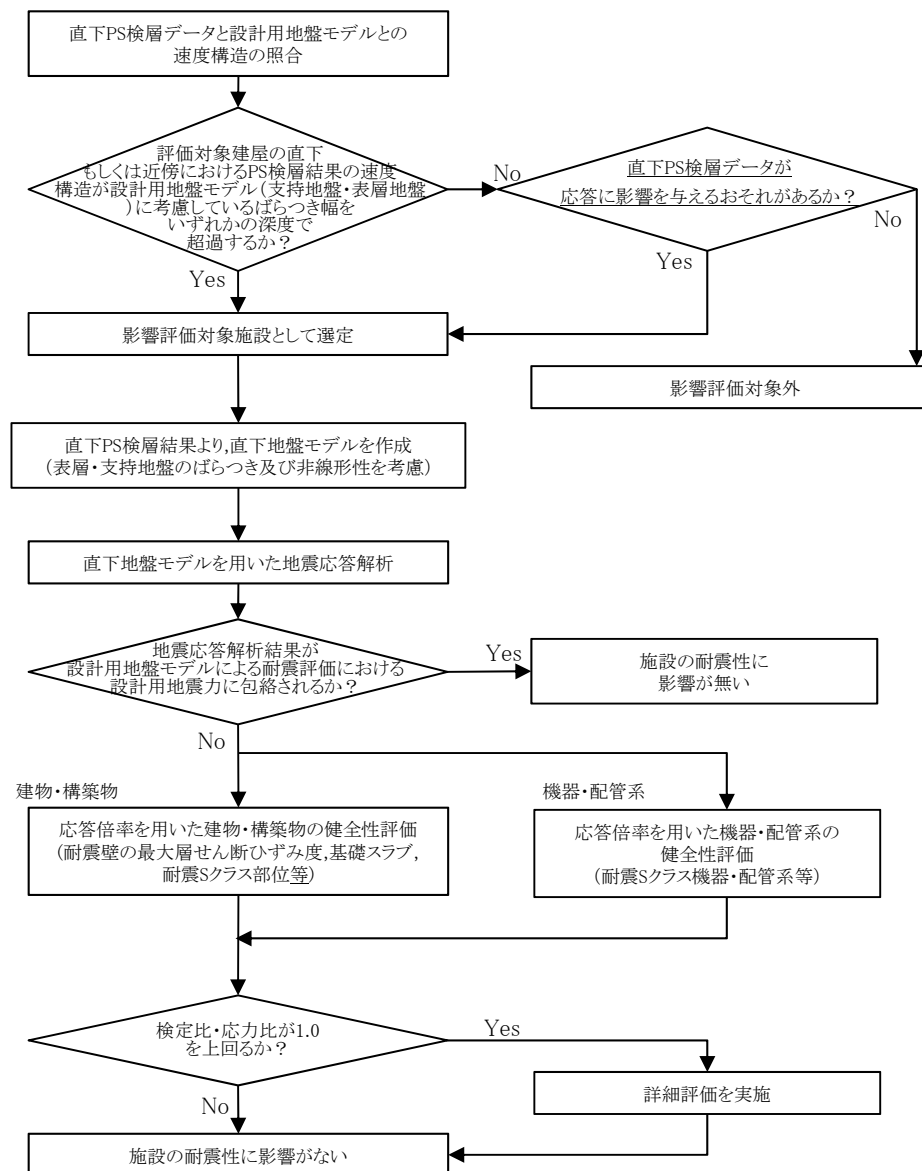
R3.5.25
資料1
P26,27 加除修正

■ 影響評価対象施設の選定方針

- 影響評価対象施設は、設工認申請対象施設である建物・構築物のうち、地盤モデルを用いた地震応答解析を実施する建物・構築物（耐震Sクラス施設の間接支持構造物, 重大事故等対処施設, 上位クラス施設への波及的影響を考慮する施設）から、以下の方針にて選定する。
- 直下PS検層データのS波速度またはP波速度が、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅（ $\pm 1\sigma$ ）を支持地盤及び表層地盤におけるいずれかの深度で超える建物・構築物について、影響評価対象施設として選定する。
- なお、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅（ $\pm 1\sigma$ ）をいずれの深度においても超えない建物・構築物についても、速度構造のインピーダンス比等に着眼した検討等により、応答に与える影響への配慮を行った上で、影響評価対象施設として選定するか検討を行う方針とする。
- 後次回申請対象施設についても、上記の方針にて影響評価対象施設を選定することとし、その選定の経緯及び結果については各申請回次にて示す。

■ 直下地盤モデルの作成方針

- 直下PS検層データを考慮した直下地盤モデルは、以下の方針で作成する。
 - 直下地盤モデルは、建物・構築物直下もしくは近傍の支持地盤の物性値に加え、近傍の表層地盤の物性値を用いることとする。
 - 影響評価対象施設の建物・構築物について、直下PS検層データが1孔のみの場合は、支持地盤及び表層地盤ともに、そのPS検層データの速度構造を基本ケースとして設定する。また、地盤物性のばらつきとして、設計用地盤モデルに考慮しているS波速度及びP波速度それぞれの変動係数（[変動係数]=[標準偏差]÷[平均値]）を設定する。
 - 影響評価対象施設の建物・構築物について、直下PS検層データが複数孔ある場合は、設計用地盤モデルの物性値の設定方法と同じ手法により、複数の直下PS検層データに基づき、S波速度及びP波速度の層境界を設定し、基本ケース及びばらつきケースの物性値を設定する。表層地盤についても、複数の近傍PS検層データに基づき、S波速度及びP波速度について、同じ手法により基本ケース及びばらつきケースの物性値を設定する。
 - Ssや1.2Ssの入力では支持地盤の非線形が進む可能性について考慮し、支持地盤のひずみ依存特性を考慮する。



直下PS検層データを考慮した耐震影響評価フロー

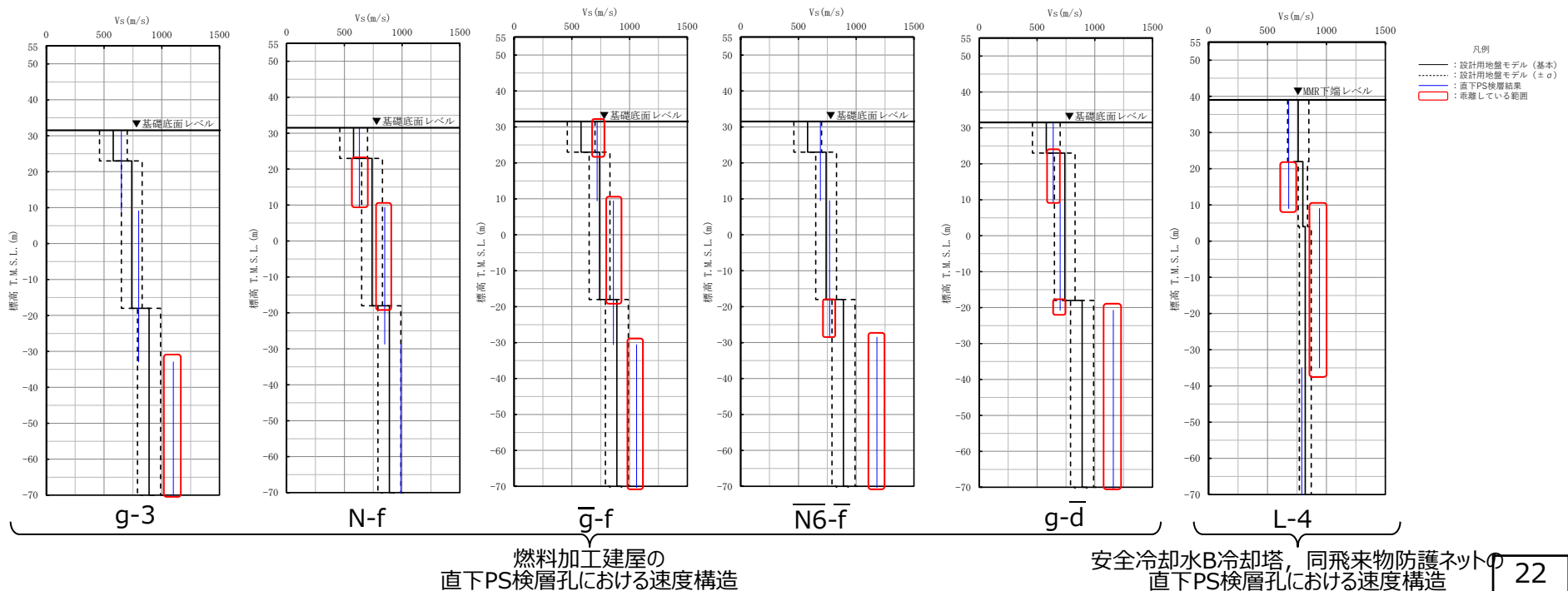
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (3) 第1回申請対象施設における評価対象施設

■ 影響評価対象施設の選定結果

- 第1回申請対象施設について、直下 P S 検層データの S 波速度または P 波速度が、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅 ($\pm 1\sigma$) をいずれかの深度で超える建物・構築物の抽出結果と、影響評価対象施設としての選定結果を示す。
- 第1回申請対象施設である燃料加工建屋、安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットについては、支持地盤において直下PS検層データが設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅 ($\pm 1\sigma$) を超えることから、影響評価対象施設として選定する。
- 後次回申請対象施設についても同様に直下PS検層データの数値構造を確認し、影響評価対象施設の選定を実施する方針とする。その選定の経緯及び結果については各申請回次にて示す。

影響評価対象施設の選定結果 (第1回申請対象施設)

分類	建物・構築物名称	設置地盤	直下 or 近傍	直下PS検層孔名称					備考	影響評価対象施設の選定	
				1	2	3	4	5		速度構造に乖離があるか	影響評価対象施設の選定結果
Sクラス施設またはSクラス施設の間接支持構造物	燃料加工建屋	東側地盤	直下	g-3	N-f	ḡ-f	N6-f̄	g-d̄	-	乖離がある	評価対象
	安全冷却水B冷却塔	中央地盤	近傍	L-4						制御建屋の直下PS検層孔を参照	乖離がある
上位クラス施設等への波及的影響を考慮する施設	安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット	中央地盤	近傍	L-4					制御建屋の直下PS検層孔を参照	乖離がある	評価対象



3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (4) 直下PS検層データを用いた耐震評価結果 (燃料加工建屋)

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価結果 (概要)

- ▶ 下表に、燃料加工建屋に対する直下地盤PS検層データを用いた耐震評価結果の概要を示す。
- ▶ 耐震壁については「直下地盤モデル」の応答値の最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内であることを確認し、その他評価部位 (Sクラス部位、基礎スラブ) については、「直下地盤モデル」による応答値を「設計用地盤モデル」による応答値で除して算出した応答比率を、「設計用地盤モデル」による最大の検定値 (発生値/許容値) に乗じ、その際の検定値が1.0以下であることを確認した。
- ▶ 燃料加工建屋の各部位について、直下地盤モデルを用いた場合であっても、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

燃料加工建屋に対する耐震評価結果のまとめ (層に対する評価)

施設名称	検討対象部位	評価内容	検討対象地震動	評価に用いる指標	最大せん断ひずみ度	評価結果
燃料加工建屋	耐震壁	層に対する評価	Ss, 1.2Ss	直下地盤を用いた地震応答解析結果における最大せん断ひずみ度	1.08×10^{-3}	許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認

燃料加工建屋に対する耐震評価結果のまとめ (個々の部位に対する評価)

施設	検討対象部位	評価内容	検討対象地震動	評価に用いる指標	応答比率に基づく割増係数	割増係数を考慮した検定比	評価結果
燃料加工建屋	地盤 (接地圧)	個々の部位に対する評価	Ss	曲げモーメント及び軸力の応答比率	1.130	0.037	検定比が1.0を超えないことを確認
	基礎スラブ	個々の部位に対する評価	Ss	せん断力、曲げモーメント及び軸力に対する応答比率	1.130	0.955	検定比が1.0を超えないことを確認
	重要区域の壁	個々の部位に対する評価	Ss	上記耐震壁の評価で代表	-	-	耐震壁のSsに対する評価で代表
			Sd	せん断力による応答比率 曲げモーメント及び軸力に対する応答比率	1.428	0.962	検定比が1.0を超えないことを確認
	重要区域の床	個々の部位に対する評価	Ss	鉛直方向の最大応答加速度の応答比率	1.107	0.872	検定比が1.0を超えないことを確認
			Sd	上記Ssによる評価で代表	-	-	重要区域の床のSsによる評価で代表

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (5) 直下PS検層データを用いた耐震評価結果 (安全冷却水B冷却塔)

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価結果 (概要)

- 下表に、安全冷却水B冷却塔基礎に対する直下地盤PS検層データを用いた耐震評価結果の概要を示す。
- 地盤（接地圧）及び基礎スラブについては、「直下地盤モデル」による応答値を「設計用地盤モデル」による応答値で除して算出した応答比率を、「設計用地盤モデル」による最大の検定値（発生値／許容値）に乘じ、その際の検定値が1.0以下であることを確認した。
- 本体については、「直下地盤モデル」のFRSの応答値と「設計用地盤モデル」のFRSの応答値から求めた加速度比及び床応答加速度による比較を行った結果、算出された加速度比を設工認に記載している算出応力に乘じ、応力比（発生値／許容値）が1.0以下であることを確認した。
- 飛来物防護ネットについては、支持架構を対象とし、「直下地盤モデル」による応答値を「設計用地盤モデル」による応答値で除して算出した応答比率を、「設計用地盤モデル」による最大の応力比（発生値／許容値）に乘じ、その際の応力度比が1.0以下であることを確認した。
- 安全冷却水B冷却塔（基礎、本体及び飛来物防護ネット）の各部位について、直下地盤モデルを用いた場合であっても、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

安全冷却水B冷却塔基礎・本体及び飛来物防護ネットに対する耐震評価結果のまとめ

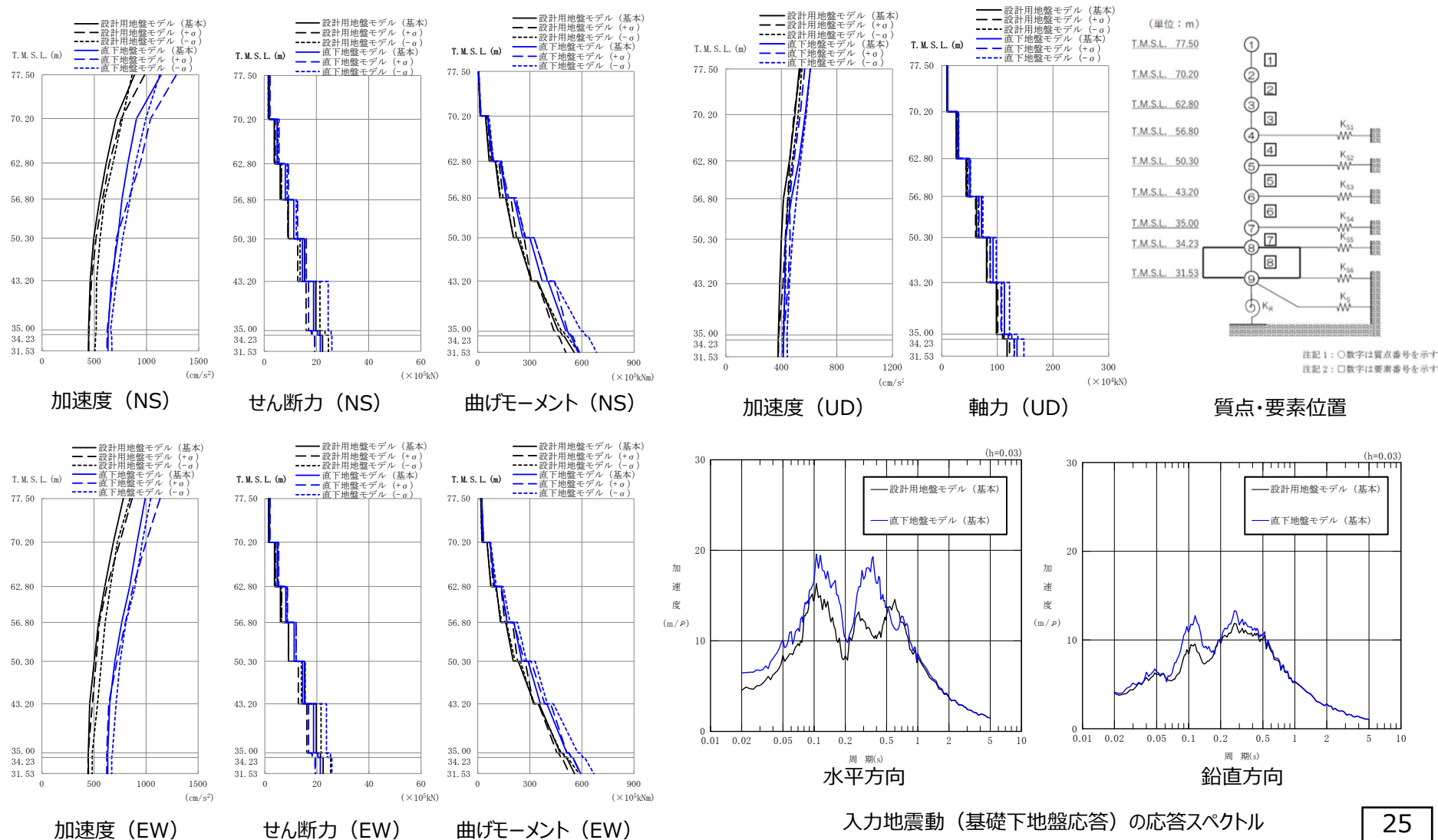
施設名称	検討対象部位	評価内容	検討対象地震動	評価に用いる指標	応答比率に基づく割増係数	割増係数を考慮した検定比	概略評価結果
安全冷却水B冷却塔 (基礎)	地盤 (接地圧)	個々の部位に対する評価	Ss	曲げモーメント及び軸力の応答比率	1.041	0.844	検定比が1.0を超えないことを確認
	基礎スラブ	個々の部位に対する評価	Ss	せん断力、曲げモーメント及び軸力に対する応答比率			検定比が1.0を超えないことを確認
安全冷却水B冷却塔 (本体)	支持架構	個々の部位に対する評価	Ss	設計用地盤モデルと直下地盤モデルでの床応答曲線比較による加速度比率			応力比が1.0を超えないことを確認
	搭載機器	個々の部位に対する評価	Ss	設計用地盤モデルと直下地盤モデルでの床応答加速度比較による加速度比率			応力比が1.0を超えないことを確認
	動的機能維持	個々の部位に対する評価	Ss	設計用地盤モデルと直下地盤モデルでの床応答加速度比較による加速度比率			応力比が1.0を超えないことを確認
安全冷却水B冷却塔 (飛来物防護ネット)	支持架構	個々の部位に対する評価	Ss	設計用地盤モデルと直下地盤モデルでの床応答曲線比較による応答比率と設計用地盤モデルと直下地盤モデルでの床応答加速度比較による加速度比率			1.041

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

(6) 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果 (燃料加工建屋)

■ 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果の分析

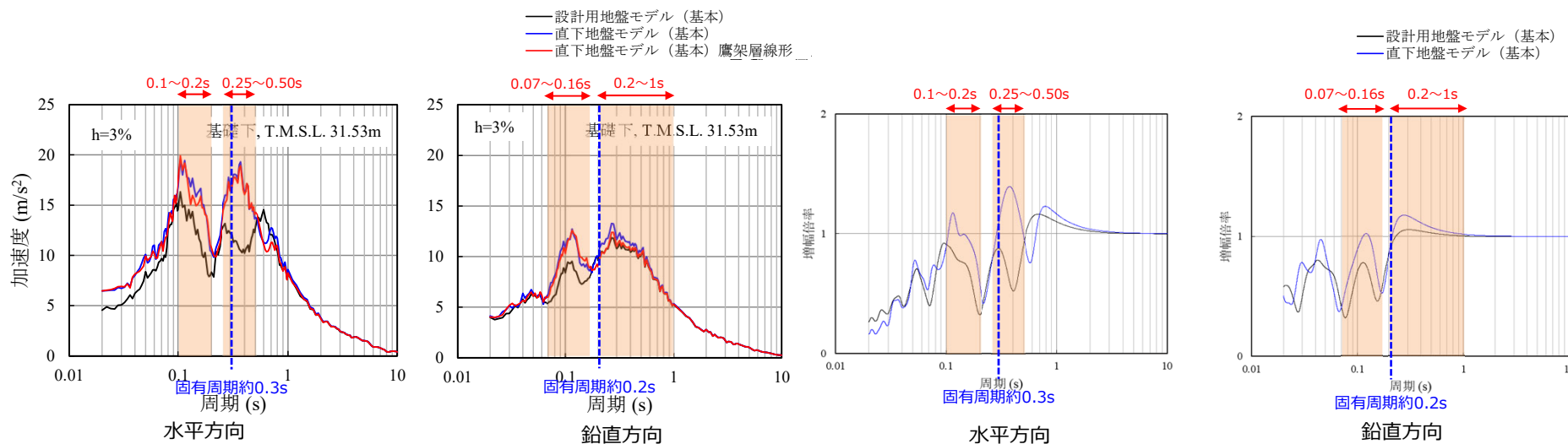
➤ 燃料加工建屋について、設計用地盤モデルによる解析結果と直下地盤モデルによる解析結果の比較を下図に示す。(本資料では代表として基準地震動Ss-Aによる結果を示す。) 直下地盤モデルによる応答値が、設計用地盤モデルによる応答値を上回る傾向となっている。



3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (7) 燃料加工建屋に対する影響の考察

■ 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果の分析

- 前頁に示したとおり、燃料加工建屋については、直下地盤モデルによる応答値が、設計用地盤モデルによる応答値を上回る傾向となっていることから、その要因の分析を行った。
- 直下地盤モデルを用いた評価にあたっては、支持地盤に非線形性を考慮しており、その影響の感度解析として、支持地盤を線形条件とした場合の評価を実施した。その結果、非線形性の考慮の有無によって応答に有意な差は無いことから、支持地盤の非線形性の考慮は応答増の要因ではないと考えられる。
- 次に、直下地盤モデルによる解放基盤表面～燃料加工建屋基礎底面レベル(E+F波)の伝達関数を確認した。伝達関数において、設計用地盤モデルの増幅率を上回る周期帯は、入力地震動の応答スペクトルが卓越している周期帯と整合していることから、直下地盤モデルによる応答値の増大は、直下地盤モデルと設計用地盤モデルの速度構造の差が要因になっていると考えられる。
- 水平方向について、燃料加工建屋の1次固有周期は約0.3sであることから、入力地震動の卓越が固有周期と合致したことにより、前頁に示したとおり、特に水平方向の建屋応答として、設計用地盤モデルによる応答値を上回る傾向となったと考えられる。



支持地盤の非線形性の影響（燃料加工建屋基礎底面レベル（E+F））

伝達関数の比較（燃料加工建屋基礎底面レベル(E+F)／解放基盤表面）

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (8) 今回設工認への反映の考え方

R3.5.25
資料1
P28 加除修正

- 以下の確認結果をもって、「設計用地盤モデル」を、今回設工認の添付書類における各施設の地震応答計算書に記載する入力地震動の算定に用いる地盤モデルとする。
 - 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について妥当性を示すことにより、設計用地盤モデルの設定の考え方が適切であることを確認した。
 - 地震観測記録を用いたシミュレーション解析により、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を確認した。
 - 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により、施設の耐震評価における検定値または応力比が1.0を超えず、耐震性に影響が無いことを確認した。
- また、直下PS検層データに基づく影響評価については、評価方針について今回設工認の添付書類における基本方針に記載するとともに、評価結果に対して各施設の耐震性に影響が無いことを確認し、今回設工認における添付書類※として、影響評価結果を記載する方針とする。
- 2020年12月24日に第1回申請を実施した燃料加工建屋、安全冷却水B冷却塔及び安全冷却水B冷却塔飛来物防護ネットについては、上記方針に従い、第1回申請において直下地盤モデルを用いた影響評価結果を添付書類※に記載する。
- 後次回申請対象施設については、各施設の申請回次にて、第1回申請における影響評価対象施設の選定方針及び影響評価方針を踏まえ、直下PS検層データに基づく耐震評価を実施する。

※「再処理施設の耐震性に関する計算書」及び「加工施設の耐震性に関する計算書」の別添を基本とするが、影響評価結果が設計に与える影響度合いに応じて、施設ごとに記載箇所について検討する。

② 設計用地下水位の設定

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 (1) 審査会合における指摘事項

■本日の説明内容

- 建物・構築物の設計用地下水位の設定に関する内容について、これまでの審査会合での指摘を踏まえた対応方針について示す。

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。⇒P32
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。⇒P30,80 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。⇒P33,34
4	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。	第1回申請対象施設である杭基礎である安全冷却水系冷却塔 B 飛来防護ネットの液状化影響評価の考え方を整理した。⇒P33,34 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。⇒P33,34
5	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。	

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 (2) 設計用地下水位の設定方針

■ 建物・構築物の設計用地下水位の設定に関する基本方針

- 基準地震動Ssまたは基準地震動Ssを1.2倍した地震力による評価を行う建物・構築物※（上位クラスへの波及的影響を評価する施設を含む）について、設計用地下水位を設定し、耐震評価を行う。
- 建物・構築物の耐震設計に用いる設計用地下水位は、右記フロー図に基づき、以下の通り設定する。

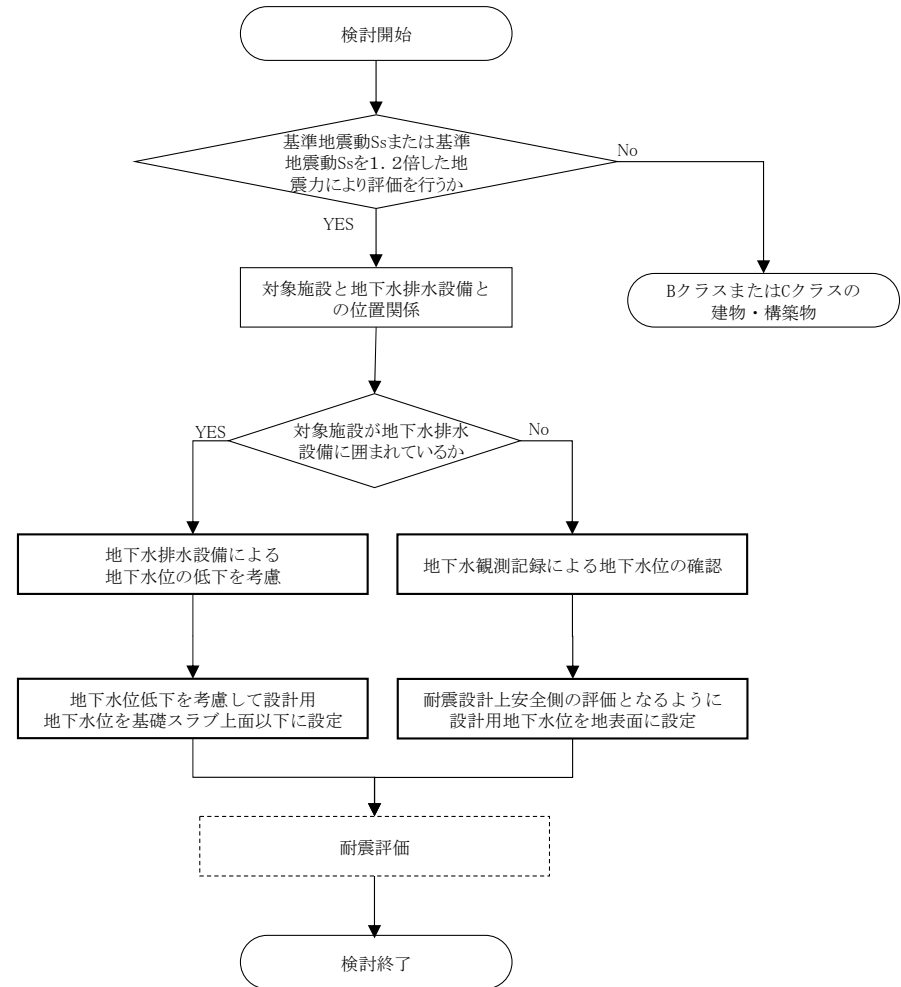
【地下水排水設備に囲まれている建物】

対象施設が地下水排水設備に囲まれている建物については、地下水排水設備による地下水低下を考慮して設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に設定する。

【地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物】

対象施設が地下水排水設備に囲まれていない場合は、地下水位観測記録等に基づく敷地内の地下水位の状況を踏まえ設定することが考えられるが、耐震設計上安全側となるように設計用地下水位を地表面に設定する。

- 地下水排水設備について、既設工認（当初設計）においては、地下躯体を有し、基準地震動S1またはS2による耐震評価を行うかBクラス以上の建屋及び屋外機械基礎に対して、地下水による影響を低減させることを目的として、当該施設の周囲に地下水排水設備を設置することを原則としていた。
- なお、一部の建屋については、地下水排水設備に囲まれているものの、設計用地下水位を地表面に設定していた建屋や地下水排水設備の外側に配置されているものの、設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に設定していた建屋があったが、今回設工認においては、地下水排水設備の設置状況に応じて、設計用地下水位の見直しを行った。



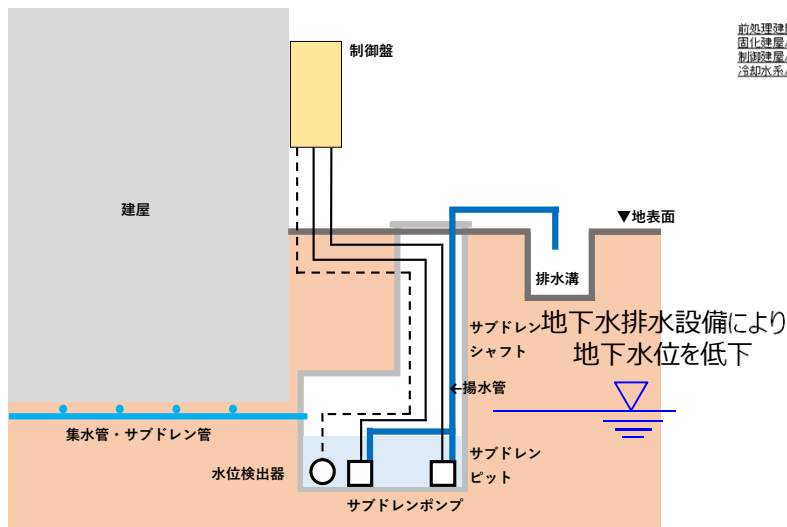
設計用地下水位の設定フロー

※ 建物・構築物：建屋，屋外機械基礎，屋外重要土木構造物（洞道），竜巻防護対策設備，排気筒及び換気筒の総称

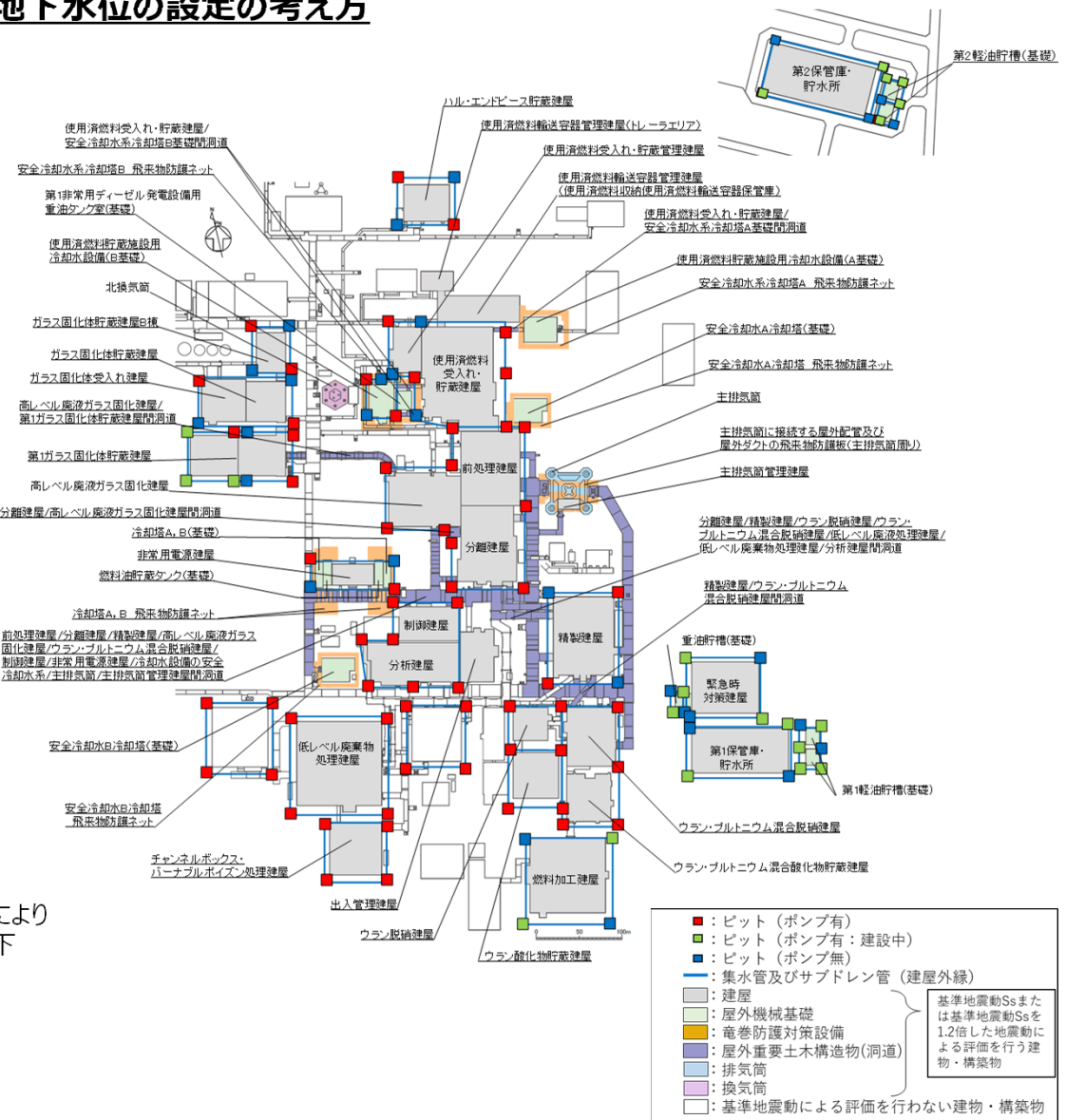
3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水水位の設定 (3) 地下水排水設備に囲まれている建物 (設計用地下水水位の設定)

■ 地下水排水設備に囲まれている建物の設計用地下水水位の設定の考え方

- 再処理事業所における地下部に基礎以外の躯体を有する建屋及び屋外機械基礎の底面及び周囲には、地下水水位を低下させ、建屋に作用する揚圧力を低減するための地下水排水設備を設置している。
- 下図に示した地下水排水設備に囲まれた内側は、地下水水位を低下させている。
- 建物の耐震設計における設計用地下水水位については、地下水排水設備による地下水水位の低下を考慮し、基礎スラブ上端以下に設定することにより、耐震設計に用いる揚圧力及び地下水圧を低減させる設計とする。



地下水排水設備の概要図



敷地における地下水排水設備の配置図

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

(4) 地下水排水設備に囲まれている建物（地下水排水設備の設計方針）

■ 地下水排水設備の設計方針

- 地下水排水設備は、地下水位を抑制して一定レベルに維持し、建物・構築物に作用する揚圧力を低減するための設備であることから、建物・構築物の付随設備として位置づける。（事業許可基準規則第7条に関連）
- 地下水排水設備は、安全機能を有する施設として整理する。なお、当該設備は、放射性物質を内蔵しておらず、工場等外へ放出されることを抑制し又は防止する要求はないため、安全上重要な施設には該当しない。従って、安全機能を有する施設として適用される要求事項を満足するよう設計する。
- 耐震重要度分類については、放射性物質を内蔵しておらず一般産業施設又は公共施設と同等の施設であり、耐震Cクラスとなる（事業許可基準規則第7条に関連）が、耐震重要施設等作用する揚圧力を低減するための設備であることから、耐震重要施設等の重要度を考慮して基準地震動 S_s 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 S_s に対し機能維持が可能な発電機に接続する。非常用電源に接続する場合は、非常用電源設備に接続される安全上重要な施設に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。
- 基準地震動 S_s を超過し、地下水排水設備の機能が停止した場合の考慮として、地下水排水設備の機能が停止した場合の地下水位の上昇速度が緩やかであることから、代替ポンプ等の資機材によりサブドレンピットからの地下水のくみ上げ等を行う運用・手順を保安規定に基づき規定する。この場合において、集水機能を維持し、代替ポンプを設置し、排水を行うため、サブドレン管及び集水管並びにサブドレンピット及びサブドレンシャフトにについて基準地震動 S_s の1.2倍の地震力を考慮した設計とする。
- 地下水排水設備の排水能力の設定にあたっては、事業変更許可申請書に示している降水量を条件として算定する湧水量に基づき保守的な想定湧水量を設定し、本想定湧水量を上回る排水能力を有するサブドレンポンプを設置する。

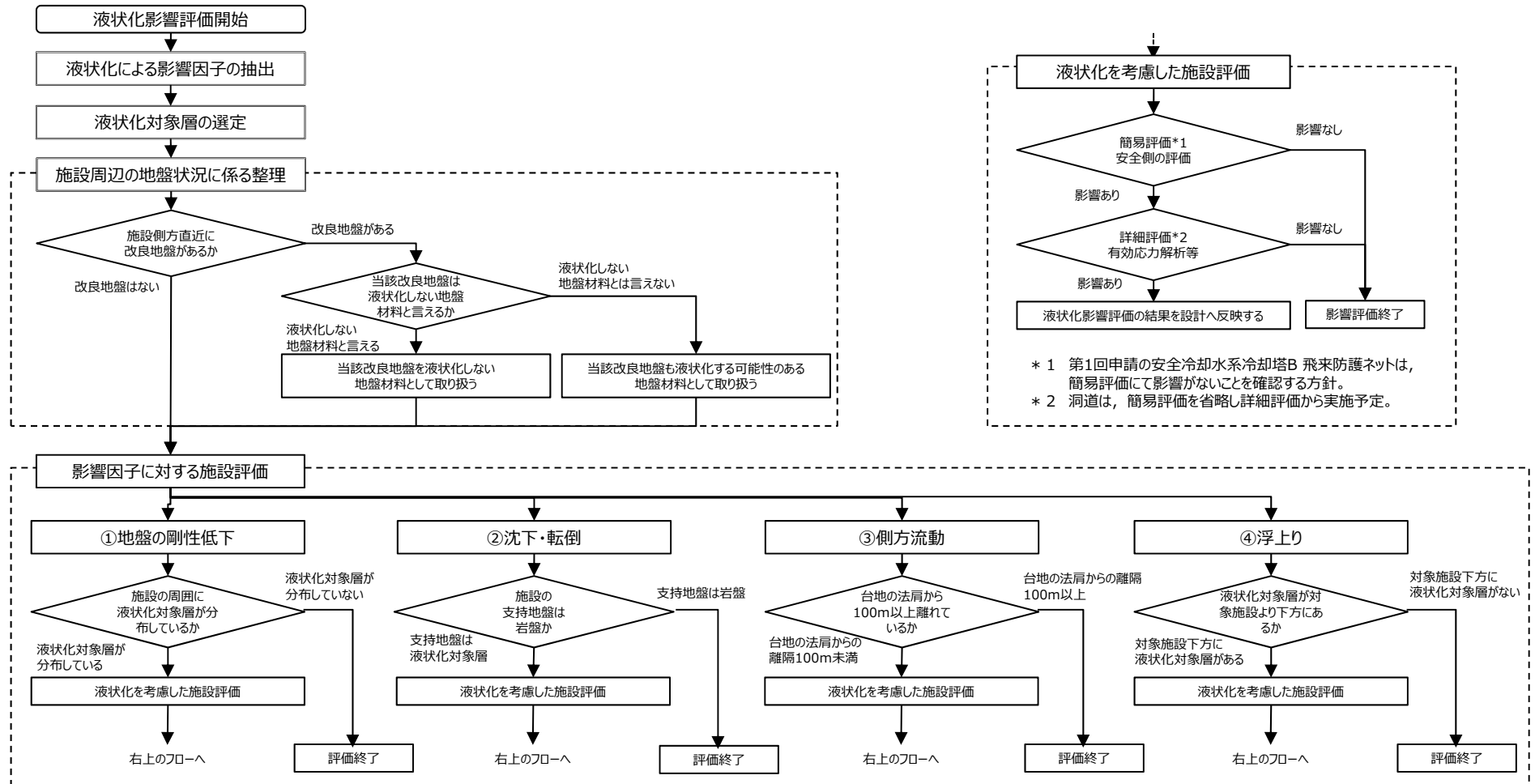
■ 地下水排水設備の申請上の取扱い

- 第1回設工認では、「基本設計方針」及び添付書類「耐震性に関する説明書」において、地下水位の低下を期待する建物・構築物に地下水排水設備を設けること、建物・構築物の耐震評価で地下水排水設備により設計用地下水位を維持することを前提としていることを記載する。併せて、添付書類で地下水排水設備を後次回で申請することを記載する。

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 (5) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物 (液状化による影響評価方針)

■ 液状化による影響評価方針

- 液状化影響評価については、以下に示すフローに基づき実施する。
- 液状化による影響評価に当たっては、液状化による影響因子の抽出、液状化対象層の選定及び施設側方の地盤状況に係る整理を行ったうえで、各影響因子に対する影響の有無を確認し、影響が想定される影響因子に対して各施設の評価目的を踏まえた液状化影響評価を行い、設計への反映要否を確認することとする。



* 1 第1回申請の安全冷却水系冷却塔B 飛来防護ネットは、簡易評価にて影響がないことを確認する方針。
* 2 洞道は、簡易評価を省略し詳細評価から実施予定。

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

(6) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（液状化による影響評価方針）

■各施設の液状化影響評価

- 液状化評価対象施設である「洞道」、「飛来物防護ネット」、「建屋」の各評価方針は、各施設の構造上の特性（内空の有無による面外力考慮要否）や評価目的（対象が支持構造物である場合、波及影響施設である場合）により異なる。
- 第1回申請対象施設における液状化影響評価対象施設である安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットについて、具体的な液状化影響評価を以下に示す。その他の施設の具体的な評価手法については、各施設の申請回次にて示す。

■液状化影響評価方針（安全冷却水系冷却塔B 飛来防護ネット）

<構造概要及び耐震評価概要>

- 竜巻防護機能を持った防護ネット及び防護板を支持する鉄骨架構を上部構造とし、それらを鉄筋コンクリート造の基礎及び場所打ちコンクリート杭にて支持する構造である。杭周辺の表層地盤は基礎下レベルから支持地盤レベルまでの範囲を地盤改良し、杭は支持岩盤である鷹架層に支持する。
- 上位クラス施設である冷却塔を取り囲む配置となるため、Ss地震時に冷却塔へ波及影響を及ぼさない設計とする。
- 液状化影響評価としては、「液状化対象層が無いものと仮定した評価」及び「液状化対象層が液体と仮定した評価」等により、各影響因子に対する影響度合を確認し、設計への反映要否を確認する。

<各影響因子に対する施設評価>（詳細は、②【参考】(8)~(12)参照）

- ① 地盤の剛性低下
改良地盤の側方に分布する液状化対象層の剛性低下を考慮し、「液状化対象層が無いものと仮定した評価」により地盤改良範囲(幅)が妥当であり、杭設計に影響を与えないことを確認している。
- ② 沈下・転倒
「液状化対象層が液体と仮定した評価」により液状化対象層から改良地盤に作用する荷重及び地震時荷重により杭の支持層である改良地盤の健全性が確認することで、飛来物防護ネットの耐震評価の成立性（沈下・転倒の恐れがないこと）を確認している。
- ③ 側方流動
飛来物防護ネットが設置される支持地盤は、鷹架層を台形状に掘削して水平に埋戻し土、流動化処理土で埋め戻されていること、高低がある台地の法肩から100m以上離れていること、埋戻し土の高低差までの水平方向の連続性が確認されないこと、液状化により影響を受けない建物・構築物により変形抑制されることから、液状化に伴う側方流動による施設への影響はないことを確認している。
- ④ 浮上り
杭基礎と支持する改良地盤は杭の周面摩擦により引抜力作用時に抵抗できるため飛来物防護ネットと改良地盤は一体であると考えられ、液状化対象層は改良地盤の底部より下に存在しないため、液状化に伴う浮上りの可能性はない。

③ 隣接建屋の影響

■ 前回（2021年5月25日）の審査会合での説明事項

- 隣接建屋が、評価対象建屋の建屋応答に与える影響について検討を実施することで、構造毎に独立して構築した解析モデルを用いても安全上支障がないことを確認する。*
- 申請を実施した燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔（基礎）については、上記影響検討として、先行発電炉に倣い、FEMモデルを用いた詳細検討を実施する。

※：本資料においては、建屋及び屋外機械基礎を対象とし、洞道、竜巻防護対策設備、排気筒及び換気筒、並びに機器・配管系については、各設備の申請回次において別途説明する。

■ 今回説明事項

- 申請を実施した燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔（基礎）について、FEMモデルを用いた詳細検討の内容及び結果を示し、構造毎に独立して構築した解析モデルを用いても安全上支障がないことを説明する。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (1) 検討概要

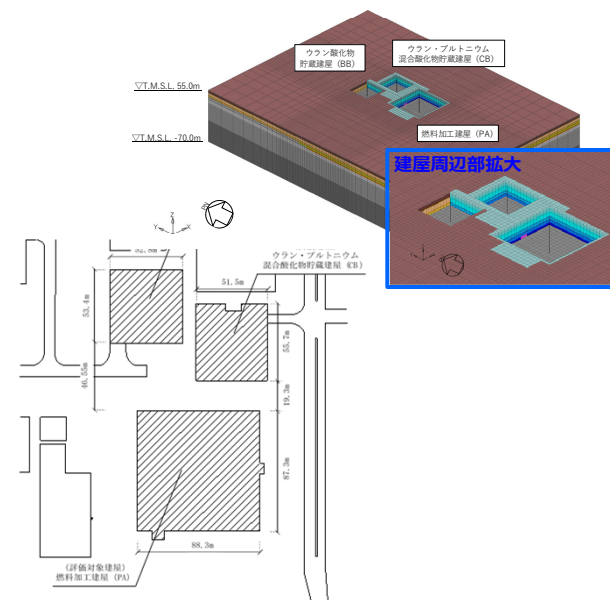
■ 検討概要

- FEMを用いた詳細検討は、先行発電炉に倣い、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合（隣接モデル）と各建屋を単独でモデル化する場合（単独モデル）の地震応答解析を実施し、両者の建屋応答の比較を行う。
- 上記建屋応答の比較から得られる応答比率（隣接モデル/単独モデル）が1を超える場合については、応答比率を用いた影響検討を行い、建物・構築物の耐震評価に与える影響を確認する。
- 検討に用いる解析モデルは、建屋を質点系モデルとし、地盤を3次元FEMモデルとした地盤3次元FEMモデルを用いる。解析条件は、先行発電炉の実績を参考に設定した。
- 隣接モデルには、下表に示すとおり、評価対象建屋に隣接する隣接建屋をモデル化する。

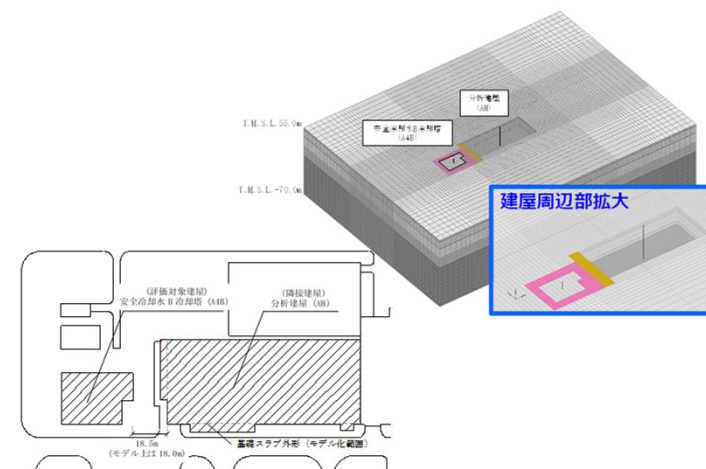
隣接モデルに考慮する隣接建屋※

評価対象建屋	隣接建屋
燃料加工建屋	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋
	ウラン酸化物貯蔵建屋
安全冷却水B冷却塔（基礎）	分析建屋

※：評価対象建屋の基礎幅程度の範囲内に存在する建屋（評価対象建屋に比べて重量が非常に小さい建屋は除く）を考慮



燃料加工建屋の検討概要



安全冷却水B冷却塔の検討概要

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (2) FEMを用いた詳細検討 (耐震評価への影響検討)

■ 検討方法 (燃料加工建屋, 安全冷却水B冷却塔 (基礎) 共通)

➤ 建物・構築物の耐震評価への影響確認では、**隣接モデルと単独モデルの建屋応答の比較から得られる応答比率 (隣接モデル/単独モデル) を考慮した検討**を行う。具体的には、以下(1)～(4)のとおりである。

- (1) 検討対象部位の耐震評価において、地震力として考慮する応答成分を耐震要素毎に抽出し、応答比率を算定する。
- (2) 各耐震要素毎に算定した応答比率の最大値を割増係数として設定する。
- (3) 上記の割増係数を、各計算書の耐震評価結果の検定比^{※1}に乘じる。
- (4) 割増係数を考慮した検定比が1.00を超えないことを確認^{※2}する。

➤ 上述の**応答比率は、Sd-Aによる線形解析の結果に基づき算定した値**であるが、**部材の非線形化の影響を考慮^{※3}した**うえで、「**Ss地震時に対する評価**」にも適用している。

※1：検定比 = 解析結果 (発生応力等) / 許容値。

各計算書に示す検定比は、**基準地震動Ss (又は弾性設計用地震動Sd) 全波を包絡した結果**であり、**地盤物性のばらつきについても考慮した結果**である。

※2：割増係数を考慮した検定比が1.00を超える場合は、別途詳細な評価を実施する。

※3：線形解析により算定した応答比率は、部材の非線形化による剛性低下を考慮して算定した応答比率よりも大きくなる。

また、各層の変形 (耐震壁のせん断ひずみ) の評価については、部材の非線形化による変形の進行を考慮し、エネルギー一定則に基づき評価する。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (2) FEMを用いた詳細検討 (耐震評価への影響検討)

■ 耐震評価への影響検討結果

➤ 申請を実施した燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔 (基礎) の影響検討結果を示す。

⇒ 割増係数を乗じた検定比が1.00を超えないことから、安全上支障がないことを確認した。

結果については、
最終チェック中

耐震評価への影響検討結果
(割増係数を乗じた検定比が最も厳しいケースを代表して記載)

評価対象 建屋	検討対象部位	①最大応答比率	割増係数を乗じた検定比が 最も厳しいケース			②耐震計算書 の結果※1 (検定比換算)	③割増係数を 乗じた検定比※1 (①×②)	判定	
			地震力	方向	項目				
燃料加工 建屋	耐震壁	1.017	Ss	NS	せん断ひずみ	0.312	0.319※2	OK	
	地盤 (接地圧)	0.993	—※3					OK	
	基礎スラブ	0.993	—※3					OK	
	スクラスの	壁	0.996	—※3					OK
		床		該当部位無し					
	屋根鉄骨 及び屋根トラス		該当部位無し						
安全冷却水B (基礎) 冷却塔	耐震壁		該当部位無し						
	地盤 (接地圧)		—※3					OK	
	基礎スラブ		Ss	EW	軸力+曲げモーメント			OK	
	スクラスの	壁		該当部位無し					
		床		該当部位無し					
	屋根鉄骨 及び屋根トラス		該当部位無し						

※1：有効数字3桁表記（4桁目を保守的に切り上げ）， ※2：エネルギー一定則を考慮した値のため，単純に①×②の値とはならない，
※3：最大応答比率が1を超えないため，割増係数を考慮した検討は不要

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 (3) まとめ

■まとめ

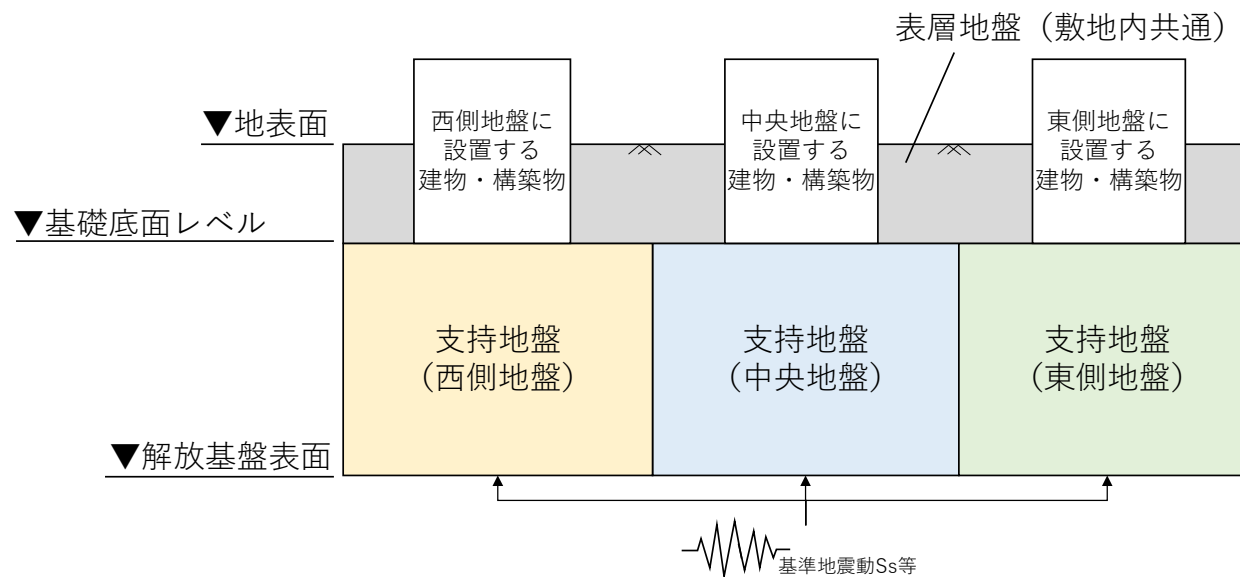
- 当社事業所は、**再処理施設等の建物・構築物が互いに隣接して配置される構成となっているが、建物・構築物の地震応答解析においては、隣接建屋の影響は考慮しておらず、構造毎に独立して構築した解析モデルを用いている。**
- 上述の状況を踏まえ、申請を実施した燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔（基礎）について、**FEMモデルを用いた詳細検討を実施した。**FEMを用いた詳細検討は、先行発電炉に倣い、実際の建屋配置状況に則して各建屋を配置する場合（隣接モデル）と各建屋を単独でモデル化する場合（単独モデル）の地震応答解析を実施し、両者の建屋応答の比較から得られる**応答比率を用いて建物・構築物の耐震評価に与える影響を確認した。**
- **申請を実施した燃料加工建屋及び安全冷却水B冷却塔（基礎）について、FEMモデルを用いた詳細検討の結果、隣接建屋の影響による割増係数を考慮した検定比が1.00を超えないことから、構造毎に独立して構築した解析モデルを用いても安全上支障がない。**

① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定
参考資料

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(1) 設計用地盤モデルの概要

■ 設計用地盤モデルの概要

- 設計用地盤モデルは、安全機能を有する施設の耐震評価において、建物・構築物（屋外重要土木構造物である洞道を含む）への入力地震動を算定する際に用いる地盤モデルである。「設計用地盤モデル」の作成にあたっては、解放基盤表面から建物・構築物までの地震動の伝播特性を適切に考慮する必要がある。
- 建物・構築物の地震応答解析では、解放基盤表面（T.M.S.L.-70m）で定義される基準地震動 S_s 等に基づき、建物・構築物の底面及び側面への入力地震動を算定するために、解放基盤表面（T.M.S.L.-70m）から地表面（T.M.S.L.55m）までの設計用地盤モデルとなっている。
- 設計用地盤モデルは、解放基盤表面（T.M.S.L.-70m）から建物・構築物ごとの基礎底面レベルに該当する支持地盤（岩盤）及び、建物・構築物ごとの基礎底面レベルから地表面（T.M.S.L.55m）に該当する表層地盤（埋戻し土、造成盛土及び六ヶ所層）で構成されている。



設計用地盤モデルの概要図

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(2) 課題の整理

R3.5.25
資料1
P20 再掲

■ 地震応答解析に用いる地盤モデルの設工認上の扱い

- 設計用地盤モデル（支持地盤）の基本ケースは、再処理事業所の耐震設計において、可能な限り複数の建物・構築物で共通的なモデルを用いることができるよう、地質構造に基づいて再処理事業所の敷地を3エリアに区分し、エリアごとのボーリング調査結果に基づく平均的な地盤物性値を設定し、岩盤であることから線形材料として設定している。今回設工認において建物・構築物の入力地震動の算定に用いる設計用地盤モデル（支持地盤）の基本ケースは、既設工認から変更していない。
- 設計用地盤モデル（支持地盤）の地盤物性のばらつきについては、既設工認では考慮していなかったが、今回設工認において考慮している。
- 設計用地盤モデル（表層地盤）は、既設工認では考慮していなかったが、今回設工認では、建物・構築物の埋め込み状況を反映するために、各建物・構築物の基礎底面レベルから地表面までの地盤特性に応じて地震波の伝播特性を評価するために、表層地盤（埋戻し土、造成盛土及び六ヶ所層）を「設計用地盤モデル」に反映し、敷地内のボーリング調査結果に基づく平均的な地盤物性値を設定し、さらに、地盤物性のばらつきを考慮している。

■ 今回設工認において説明すべき課題及び確認項目

- 設計用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無いことを示す上で挙げられる課題及び課題に対する確認項目としては、以下の項目が挙げられる。各確認項目の詳細については次頁以降に示す。
 - ① 設計用地盤モデルについて、地質構造や敷地内のボーリング調査結果に基づくエリア区分の考え方及び平均的な物性値の設定方法が適切であることの確認
⇒支持地盤及び表層地盤について、地盤モデルの設定方法の妥当性について確認を行う。
 - ② 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の検証
⇒敷地における地震観測記録を用いた検証を行う。
 - ③ ①、②により、敷地における地震波の伝播特性を考慮する上で適切なモデルが作成されていることを確認しているものの、建物・構築物直下もしくは近傍のPS検層データ（以下、「直下PS検層データ」という。）を参照した場合、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。
⇒建物・構築物の直下PS検層データを用いた施設の耐震評価を行う。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(3) 支持地盤の設定方法 (1/6)

■ 確認項目及び確認の視点 (支持地盤の設定方法)

- 設計用地盤モデル (支持地盤) の設定方法について、今回設工認における設定の考え方及び確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。

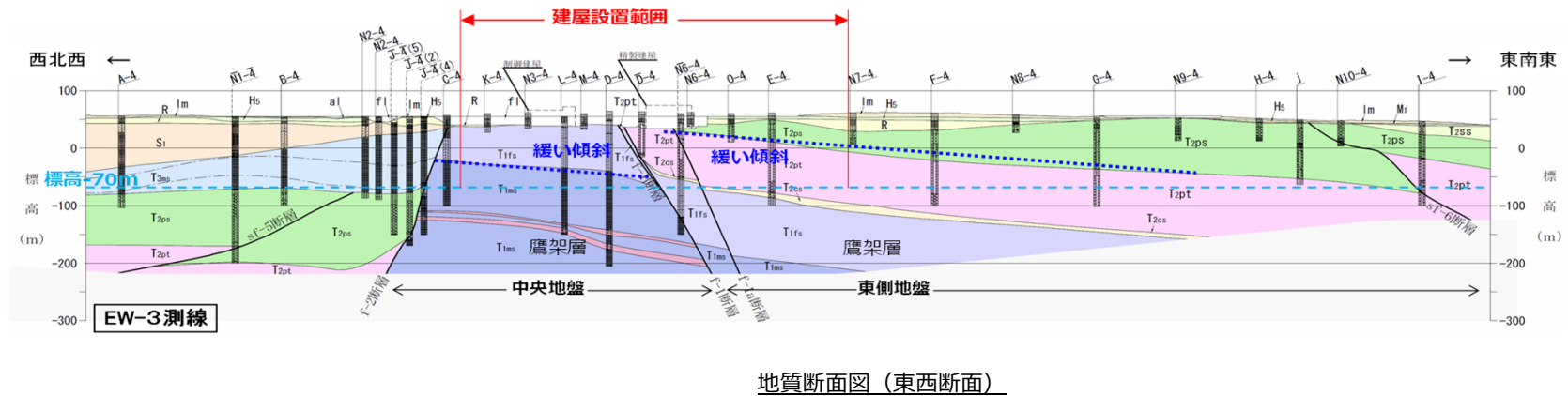
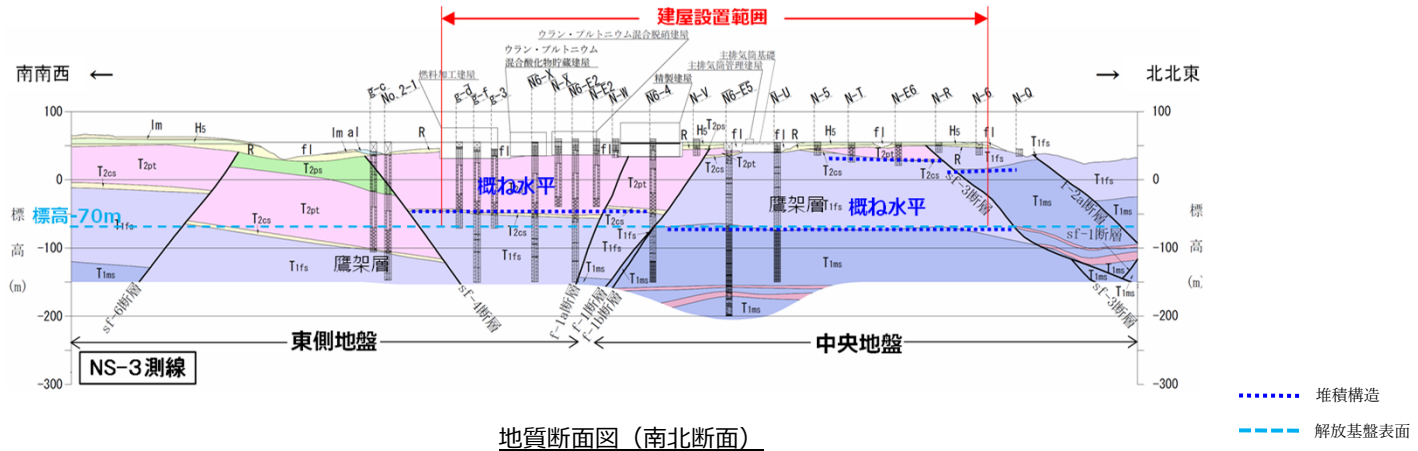
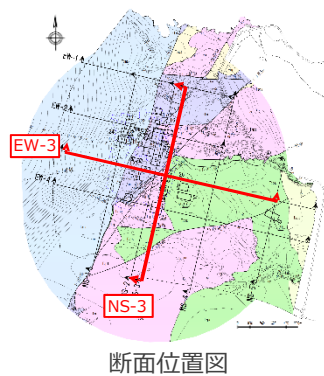
課題に対する確認すべき項目 (支持地盤の設定方法)

課題	今回設工認における設定の考え方	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
① 設計用地盤モデル (支持地盤) の設定の考え方が適切であること	a. 地質構造に基づいて再処理事業所の敷地を3エリアに区分し、エリア単位で共通のモデルを用いている	敷地を3エリアに区分することが妥当であること	敷地を3つのエリアに区分することが再処理事業所地下の地質構造及び速度構造と整合していることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> 地質断面図 敷地内の速度構造分布 地質構造図 	5月下旬
			各エリアで、地質構造及び速度構造が概ね水平成層な構造となっていることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> 地質断面図 敷地内の速度構造分布 	5月下旬
	b. エリアごとのPS検層結果に基づく平均的な地盤物性値を基本ケースとして設定	設計用地盤モデルに考慮する基本ケースとして各エリア内の平均的な速度を用いることが妥当であること	物性値の設定に用いるPS検層孔が、建物・構築物の配置状況を考慮し、さらに、重要度の高い建物・構築物をカバーするように選定されていることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> PS検層孔の選定の考え方及び選定結果 	5月下旬
			物性値の算定における層境界の設定方法及び速度構造の平均化の考え方が適切であることを確認する	<ul style="list-style-type: none"> 設計用地盤モデル作成に用いたPS検層結果 	5月下旬
			地盤物性のばらつきとして基本ケースに対する $\pm 1\sigma$ としていること の考え方	<ul style="list-style-type: none"> 上記の設定方法が妥当であること及び地震観測記録を用いたシミュレーション結果により、基本ケースを用いることが妥当であることを確認した上で、先行審査プラントの実績を踏まえ、地盤物性の不均質性を考慮して$\pm 1\sigma$のばらつき幅を設定していることを確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計用地盤モデル作成に用いたPS検層結果

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(3) 支持地盤の設定方法 (2/6)

<確認の視点>

- 敷地を3つのエリアに区分することが再処理事業所地下の地質構造及び速度構造と整合していることを確認する。

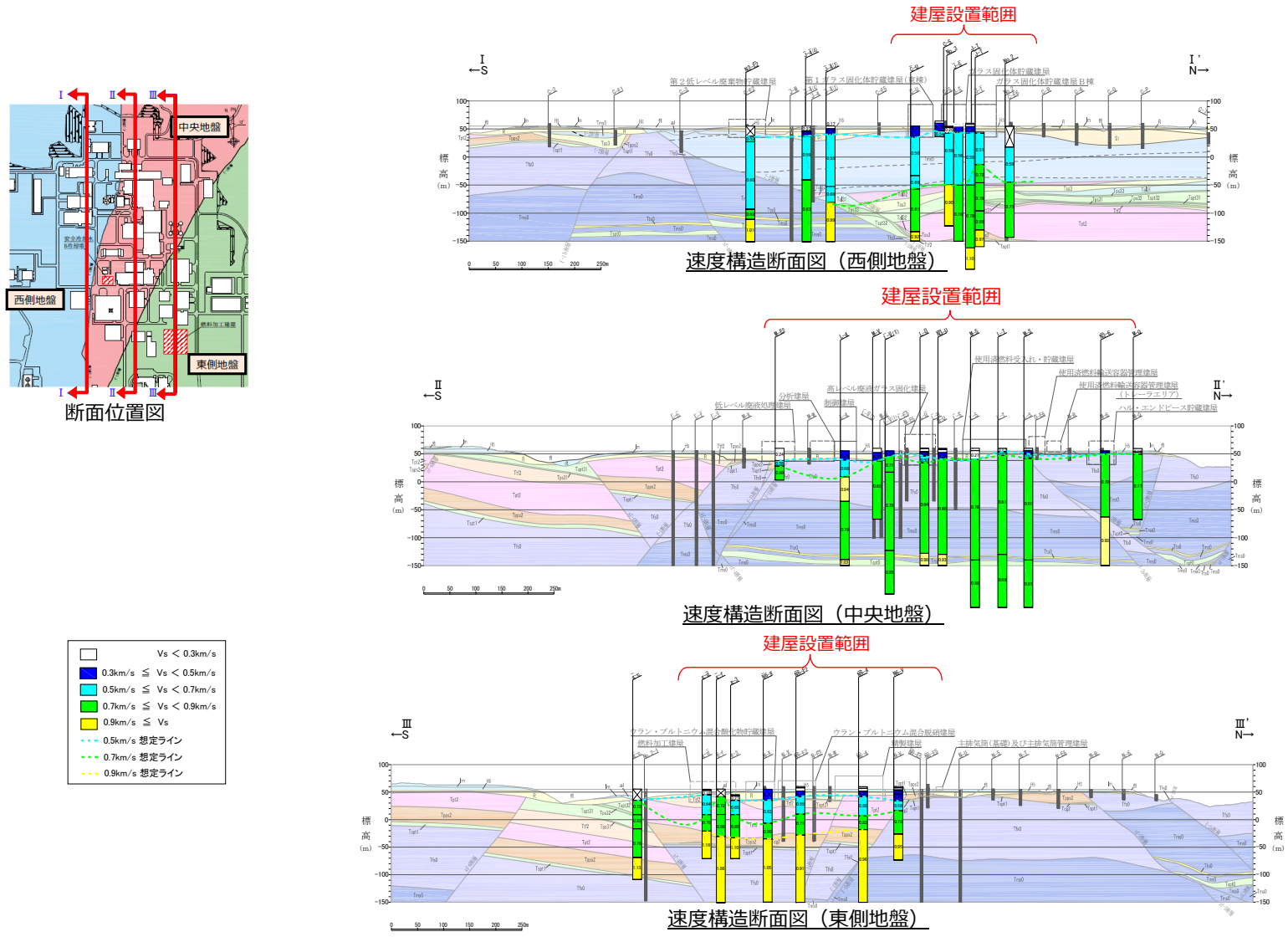


⇒設計用地盤モデルはf-1断層とf-2断層を境界として3つの地盤に区分され、地質構造は緩い傾斜はあるものの、概ね水平である。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(3) 支持地盤の設定方法 (3/6)

<確認の視点>

- 各エリアで、地質構造及び速度構造が概ね水平成層な構造となっていることを確認する。

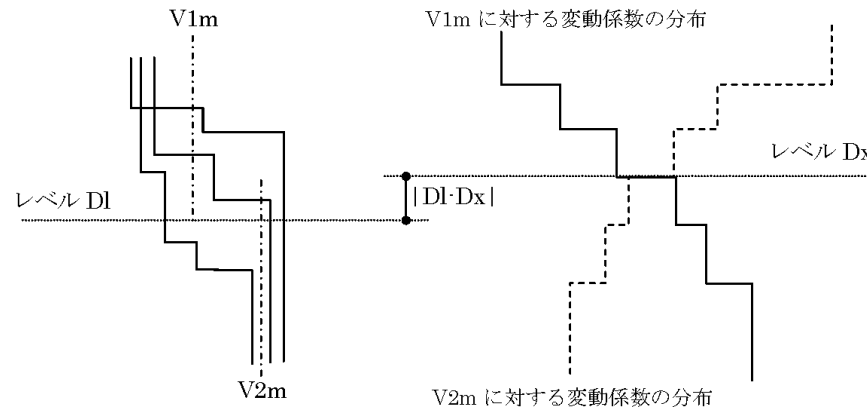
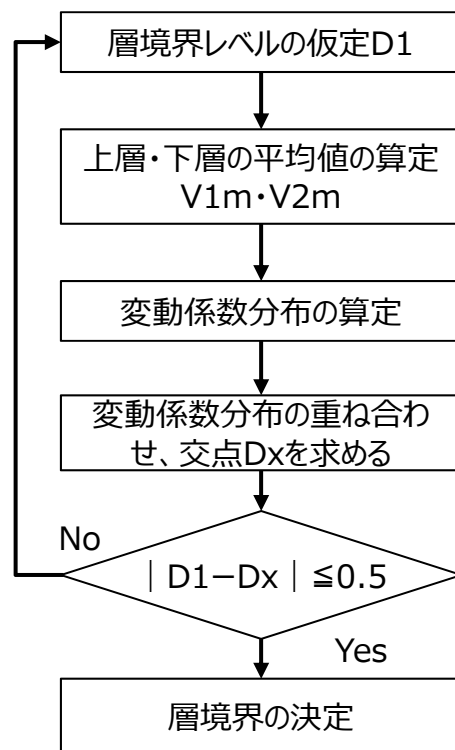


⇒速度構造は一部速度境界の高低差は認められるものの、地質構造と整合しており、概ね水平成層となっている。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(3) 支持地盤の設定方法 (5/6)

<確認の視点>

- 物性値の算定における層境界の設定方法及び速度構造の平均化の考え方が適切であることを確認する。
 - 地盤の速度構造は、地盤内で連続的に変化するものを工学的に離散化することから、複数孔の速度境界の乖離を最小にし、平均化された速度構造を構築する。
 - 速度構造の平均化にあたっては、以下の層境界決定フローに従って層区分を行い、区分位置の上下それぞれの層の平均値に対する変動係数が原則として最小となる深度とした。



層境界設定フロー

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(3) 支持地盤の設定方法 (6/6)

■ 設計用地盤モデルの諸元

➤ 以上を踏まえて設定した設計用地盤モデルの諸元について下表に示す。

基本ケース (平均値)

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	減衰定数 h (%)
▽地表面	55.0			3.0
	41.0	14.8	410	
	17.0	15.9	570	
	-22.0	15.6	580	
	-50.0	16.4	590	
▽解放基盤表面	-70.0	17.0	730	
		15.9	780	1940

西側地盤

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	減衰定数 h (%)
▽地表面	55.0			3.0
	42.0	18.1	660	
	22.0	18.2	760	
	4.0	18.2	800	
▽解放基盤表面	-70.0	17.8	820	
		17.0	820	

中央地盤

標高 T. M. S. L. (m)	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	減衰定数 h (%)
▽地表面	55.0			3.0
	23.0	15.7	580	
	-18.0	15.3	740	
▽解放基盤表面	-70.0	17.4	890	
		18.1	930	

東側地盤

ばらつきケース (平均±σ)

標高 T. M. S. L. (m)	基本		標準偏差		+σ		-σ	
	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)
▽地表面	55.0							
	41.0	1610	100	70	510	1680	310	1540
	17.0	570	1720	30	110	600	1830	540
	-22.0	580	1680	20	20	600	1700	560
	-50.0	590	1690	30	30	620	1720	560
▽解放基盤表面	-70.0	730	1860	80	100	810	1960	650
		780	1940	40	60	820	2000	740

標高 T. M. S. L. (m)	基本		標準偏差		+σ		-σ	
	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)
▽地表面	55.0							
	42.0	1840	140	280	800	2120	520	1560
	22.0	760	1910	90	140	850	2050	670
	4.0	800	1950	40	40	840	1990	760
▽解放基盤表面	-70.0	820	1950	50	40	870	1990	770
		820	1950	50	40	870	1990	770

標高 T. M. S. L. (m)	基本		標準偏差		+σ		-σ	
	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	V_p (m/s)
▽地表面	55.0							
	23.0	1710	120	230	700	1940	460	1480
	-18.0	740	1870	90	100	830	1970	650
▽解放基盤表面	-70.0	890	2030	100	110	990	2140	790
		930	2050	100	80	1030	2130	830

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(4) 表層地盤の設定方法 (1/2)

■ 確認項目及び確認の視点 (表層地盤の設定方法)

- 設計用地盤モデル (表層地盤) の設定方法について、今回設工認における設定の考え方及び確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。

課題に対する確認すべき項目 (表層地盤の設定方法)

課題	今回設工認における設定の考え方	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
①設計用地盤モデル (表層地盤) の設定の考え方が適切であること	a.敷地全体のボーリング調査結果に基づく平均的な地盤物性値を基本ケースとして設定	設計用地盤モデルに考慮する基本ケースとして、敷地全体の平均的な速度を用いることが妥当であること	表層地盤 (埋戻し土, 造成盛土, 六ヶ所層) の物性値が、統計的に平均値として扱うことが妥当な相関関係となっており、さらに、敷地全体で偏りなく広範なデータに基づき設定されていることを確認する	• ボーリング調査孔配置図	5月下旬
			平均的な地盤物性として、深さ依存の回帰式として設定することが妥当であることを確認する	• 試験結果深度分布	5月下旬
	地盤物性のばらつきとして基本ケースに対する $\pm 1\sigma$ としていること	上記の設定方法が妥当であること及び地震観測記録を用いたシミュレーション結果により、基本ケースを用いることが妥当であることを確認した上で、先行審査プラントの実績を踏まえ、地盤物性の不均質性を考慮して $\pm 1\sigma$ のばらつき幅を設定していることを確認する。	• 設計用地盤モデル作成に用いたPS検層結果	5月下旬	
	b.岩盤ではない表層地盤については、非線形性を考慮し、ひずみ依存特性を考慮	ひずみ依存特性の考慮方法が妥当であることについて確認を行う	ひずみ依存特性が、敷地内ボーリング調査における繰返し三軸圧縮試験により、適切に考慮されていることを確認する	• 繰返し三軸圧縮試験結果	5月下旬

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(4) 表層地盤の設定方法 (2/2)

<確認の視点>

- 表層地盤（埋戻し土，造成盛土，六ヶ所層）の物性値が，統計的に平均値として扱うことが妥当な相関関係となっており，さらに，敷地全体で偏りなく広範なデータに基づき設定されていることを確認する。
- 平均的な地盤物性として，深さ依存の回帰式として設定することが妥当であることを確認する
- 地盤物性の不均質性を考慮して±1σのばらつき幅を設定していることを確認する。

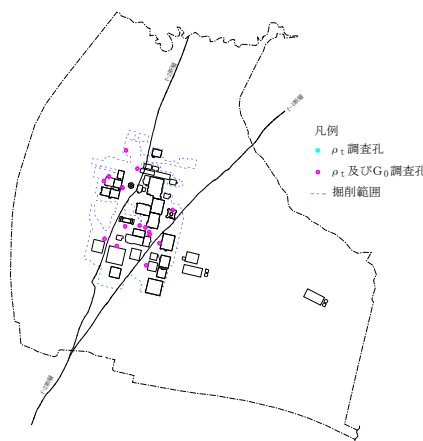
【埋戻し土及び造成盛土】

- 概ね掘削範囲全域において，同等の密度及び力学特性が得られるような管理をしている。
- 敷地全体を偏りなく広範囲にサンプリングしており，統計量も十分にあることから妥当な物性値の設定である。
- 転圧による締固めにより密度，力学特性が深度方向に大きくなること，相関性（深度依存の相関係数0.1以上）が認められることから湿潤密度，初期せん断剛性は深度依存とする。
- 地盤物性は，±1σのばらつき幅を設定する。

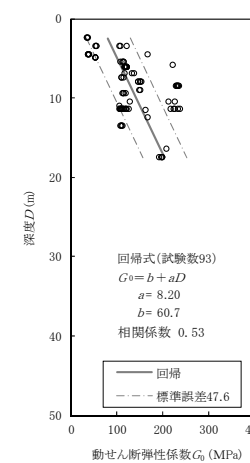
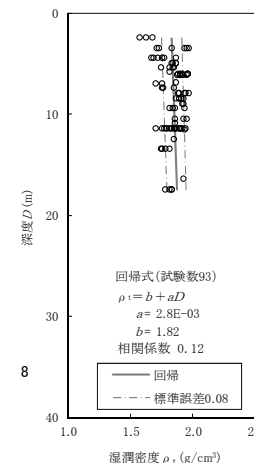
【六ヶ所層】

- 六ヶ所層は，敷地掘削範囲に関わらず，敷地全体及び出現深度を偏りなく広範囲にサンプリングしており，統計量も十分にあることから妥当な物性値の設定である。物性値は，堆積後の履歴の影響により深度方向に増大する傾向が認められないことから平均とし，±1σのばらつき幅を設定する。

<物性値設定の例（埋戻し土）>



埋戻し土の物性値算定に用いるボーリング調査孔位置



埋戻し土の湿潤密度及び初期せん断剛性

埋戻し土の基本ケース及びばらつきケースの物性値

	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	初期せん断剛性 G_0 (kN/m ²)
基本ケース	17.8 + 0.0274D	60700 + 8200D
標準誤差	0.817	47600
ばらつきケース	+1σ	18.617 + 0.0274D
	-1σ	16.983 + 0.0274D

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (1/8)

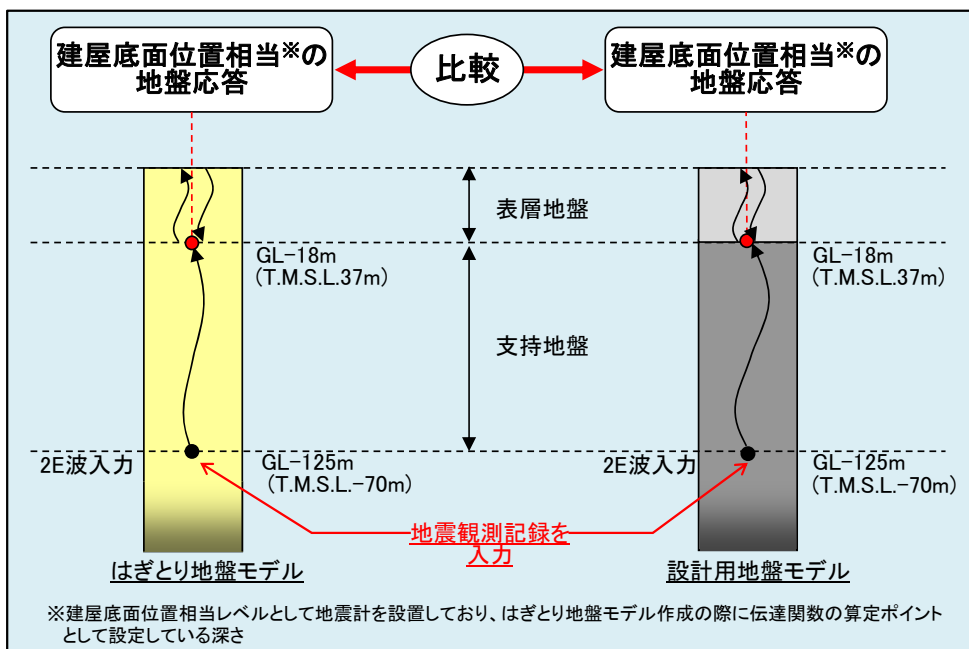
R3.5.25
資料1
P24 再掲

■ 確認項目及び確認の視点 (地震観測記録を用いた検証)

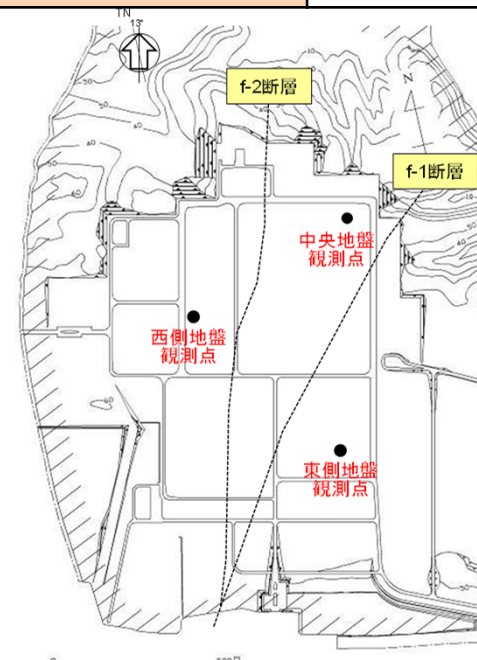
- 地震観測記録を用いた検証について、今回設工認における設定の考え方及び確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。

課題に対する確認すべき項目 (地震観測記録を用いた検証)

課題	今回設工認における設定の考え方	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
②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	事業許可に基づき、敷地における地震観測記録による検証を実施	設計用地盤モデルによる地震波の伝播特性が、敷地における地震観測記録から得られている伝播特性と整合していることについて確認	事業許可にて示している、各エリアにおける地震観測記録の深さ方向の伝達関数を再現することが可能な地盤モデル (事業変更許可申請書における「はざとり地盤モデル」) を用いたシミュレーション解析を行い、設計用地盤モデル (支持地盤及び表層地盤) とはざとり地盤モデル双方の解放基盤表面位置に地震観測記録を入力した場合の地盤応答解析により、建屋底面位置相当における応答スペクトルが整合していることを確認する。	・地震観測記録を用いたシミュレーション解析結果	6月上旬



シミュレーション解析の概要



敷地内の地震観測位置

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (2/8)

■ はぎとり地盤モデルの位置づけ

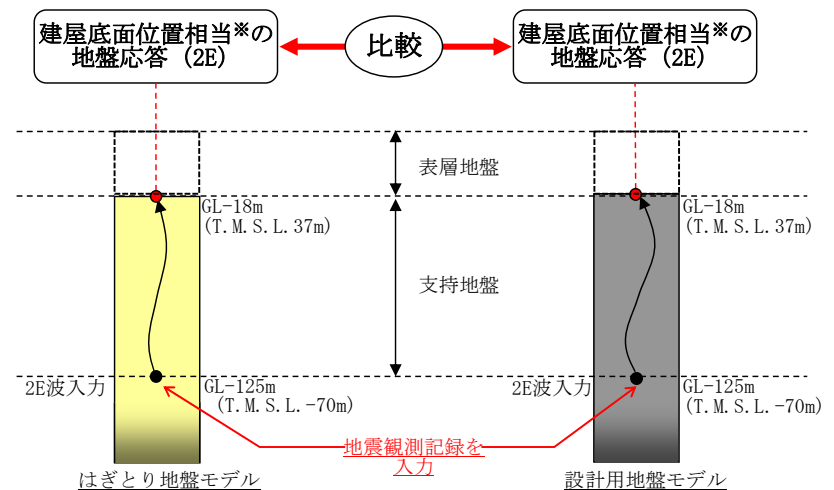
- ▶ はぎとり地盤モデルは、中央地盤、東側地盤及び西側地盤の各エリアにおける複数の地震観測記録に基づき、地震観測点の各設置深さ間の伝達関数を再現するように、層厚、速度構造及び減衰定数に対して逆解析による同定を行って作成された地盤モデルである。はぎとり地盤モデルが、各エリアにおいて地震観測記録の伝達関数を再現し、地震波の伝播特性を説明できていることについては、事業許可において確認されている。
- ▶ 敷地の各エリアにおいて1ヶ所ずつ実施している鉛直アレー地震観測については、敷地地下における地震波の屈折や重複反射等による影響が含まれた地震観測記録の伝播特性が得られていることから、はぎとり地盤モデルは、敷地内の各エリア内全体における地震波の伝播特性を代表的に表したモデルとして扱うことができる。

■ 検討① 支持地盤の伝播特性に対する確認

- ▶ 支持地盤のみを考慮した設計用地盤モデルとはぎとり地盤モデルの双方に対し、解放基盤表面レベルに地震観測記録 (G.L.-125mにおける2E波) を入力し、それぞれのモデルを用いた一次元波動論による線形地盤応答解析を実施し、再処理事業所の建物・構築物の基礎底面レベル相当であるG.L.-18m位置の2E波を比較する。なお、設計用地盤モデルについては、基本ケース及び地盤物性のばらつきケース ($\pm\sigma$) について解析を行う。

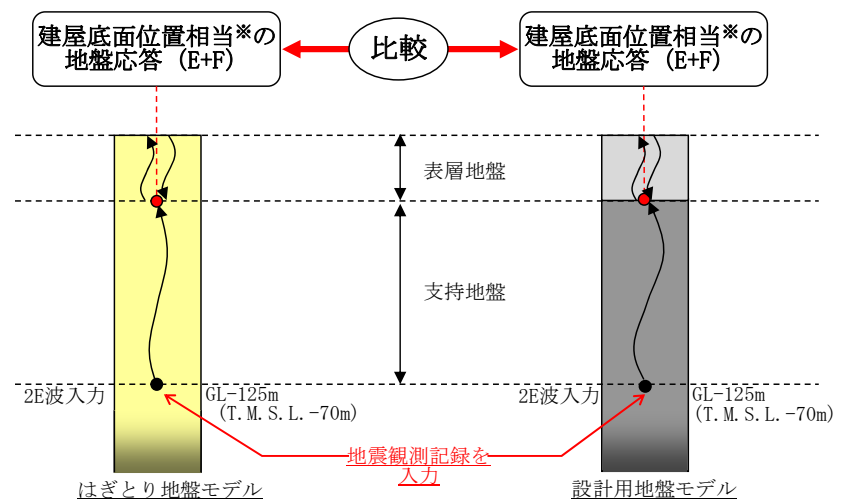
■ 検討② 支持地盤+表層地盤の伝播特性に対する確認

- ▶ 検討①において確認した支持地盤に加え表層地盤についても考慮した設計用地盤モデルとはぎとり地盤モデルの双方に対し、解放基盤表面レベルに地震観測記録 (G.L.-125mにおける2E波) を入力し、それぞれのモデルを用いた一次元波動論による線形地盤応答解析を実施し、建屋基礎底面相当として、支持地盤 (鷹架層) と表層地盤の境界レベルでのE+F波を比較する。
- ▶ 表層地盤に設定する物性値のうち、設計用地盤モデルとして考慮している六ヶ所層及び造成盛土については、設計用地盤モデルに設定した物性値を用い、設計用地盤モデルでは考慮していない中位段丘堆積層及び砂子又層下部層については、六ヶ所層及び造成盛土と同様の手法により、敷地全体のボーリング調査結果に基づいて設定された、事業変更許可申請書に記載している物性値を用いる。



※建屋底面位置相当レベルとして地震計を設置しており、はぎとり地盤モデル作成の際に伝達関数の算定ポイントとして設定している深さ

検討①の実施概要



※支持地盤 (鷹架層) と表層地盤の境界レベル

検討②の実施概要

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (3/8)

■ 地震観測記録を用いたシミュレーション解析結果

【検討① 支持地盤の伝播特性に対する確認結果】

- 設計用地盤モデルによる再処理事業所の建物・構築物の基礎底面レベル相当の地震動の応答スペクトルは、中央地盤、東側地盤及び西側地盤のいずれのエリアにおいても、はざとり地盤モデルによる地盤応答解析結果と全周期帯で整合している。
- なお、2011年3月11日2011年東北地方太平洋沖地震及び 2012年5月24 青森県東方沖の地震のいずれのシミュレーション解析によっても、上記結果について同様の傾向となっている。

【検討② 支持地盤＋表層地盤の伝播特性に対する確認結果】

- 設計用地盤モデルによる再処理事業所の建物・構築物の基礎底面レベル相当の地震動の応答スペクトルは、中央地盤、東側地盤及び西側地盤のいずれのエリアにおいても、はざとり地盤モデルによる地盤応答解析結果と全周期帯で整合している。
- なお、2011年3月11日2011年東北地方太平洋沖地震及び 2012年5月24 青森県東方沖の地震のいずれのシミュレーション解析によっても、上記結果について同様の傾向となっている。

■ 地震観測記録を用いたシミュレーション解析に関するまとめ

- 地震観測記録を用いたシミュレーション解析として、設計用地盤モデル（支持地盤及び表層地盤）とはざとり地盤モデル双方の解放基盤表面位置に地震観測記録を入力した場合の地盤応答解析を実施した結果、建屋底面位置相当における応答スペクトルは整合していることから、設計用地盤モデルは、敷地における地中の地震波の伝播特性を適切に考慮したモデルになっていると言える。
- 次頁以降に、検討①及び検討②における建屋底面位置相当における応答スペクトルの比較図を示す。

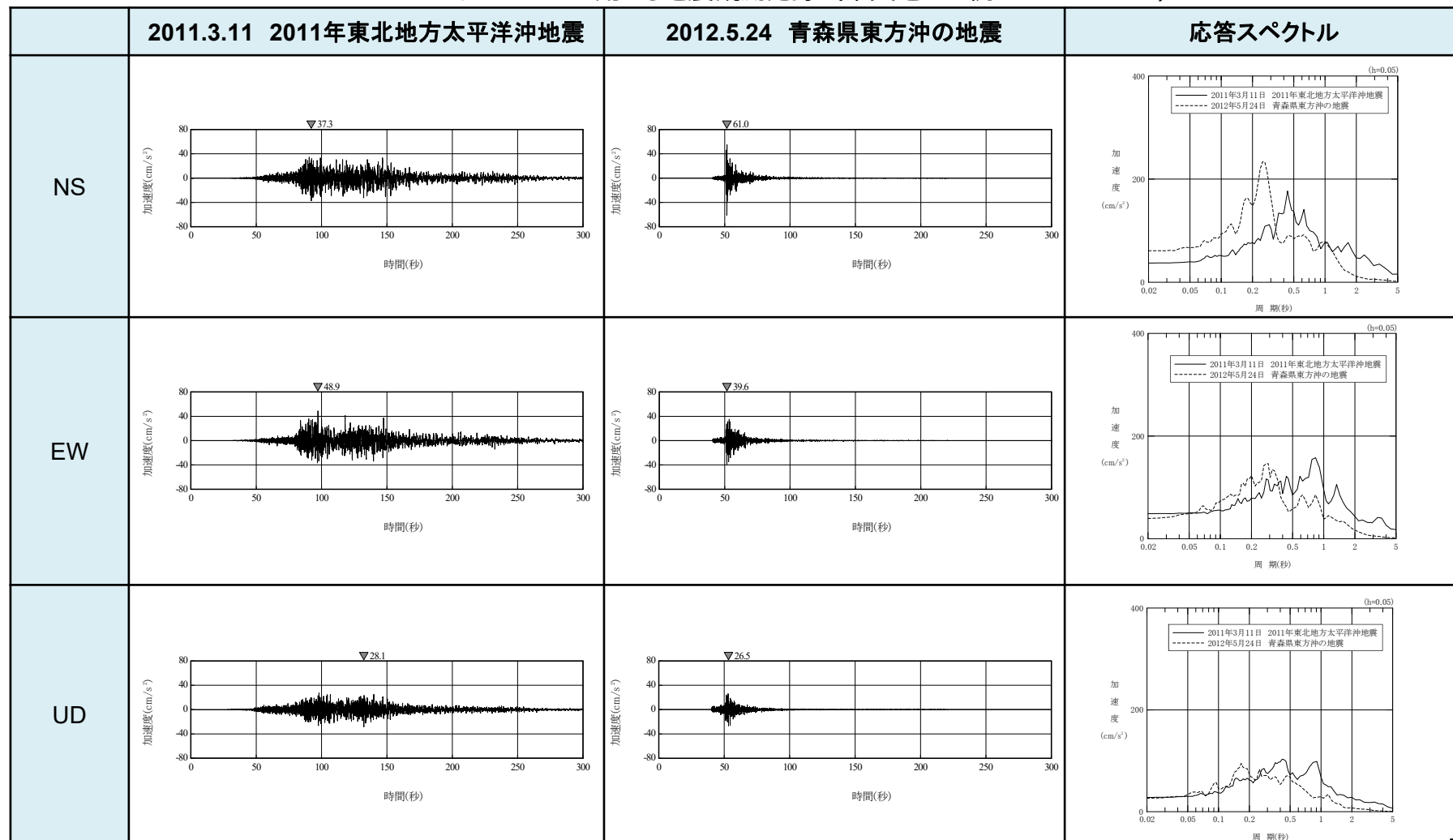
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (4/8)

■ シミュレーション解析に用いる地震動

- 解析に用いる地震観測記録は、敷地において地震観測記録が得られている地震のうち、2011年3月11日2011年東北地方太平洋沖地震と、敷地の解放基盤表面レベルにおいて得られた最大加速度が既往最大の地震である2012年5月24日 青森県東方沖の地震を選定し、解放基盤表面 (G.L.-125m) の2E波を用いる。

シミュレーションに用いる地震観測記録 (中央地盤の例 : G.L.-125m)



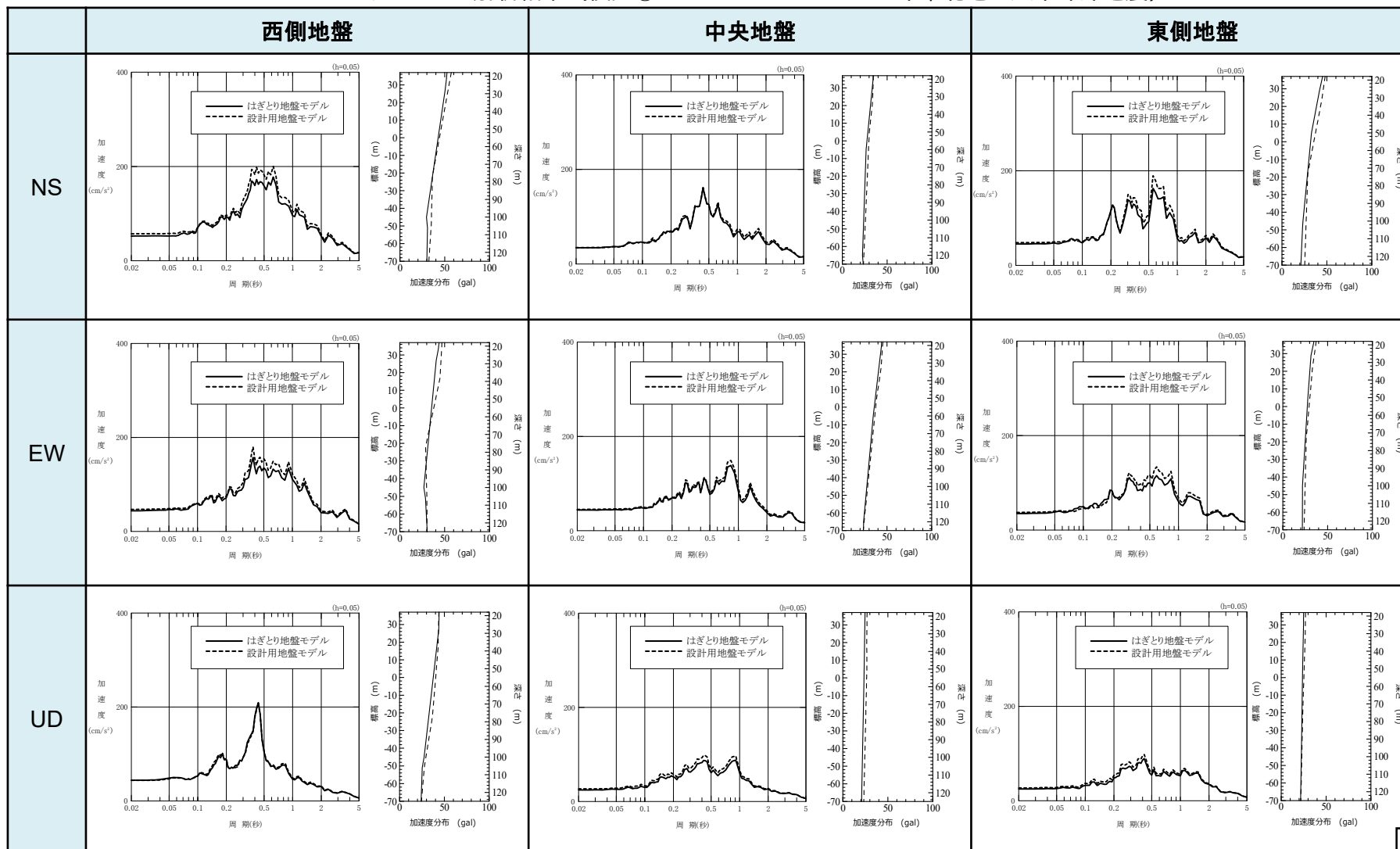
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (5/8)

■ 検討① 支持地盤の伝播特性に対する確認結果 (2011.3.11 2011年東北地方太平洋沖地震)

➤ 上記に示した方針に従い実施した設計用地盤モデル及びはざとり地盤モデルを用いた地盤応答解析について、再処理事業所の建物・構築物の基礎底面レベル相当であるG.L.-18m位置の2E波を比較した結果を下图に示す。

シミュレーション解析結果 (検討①のうち2011.3.11 2011年東北地方太平洋沖地震)



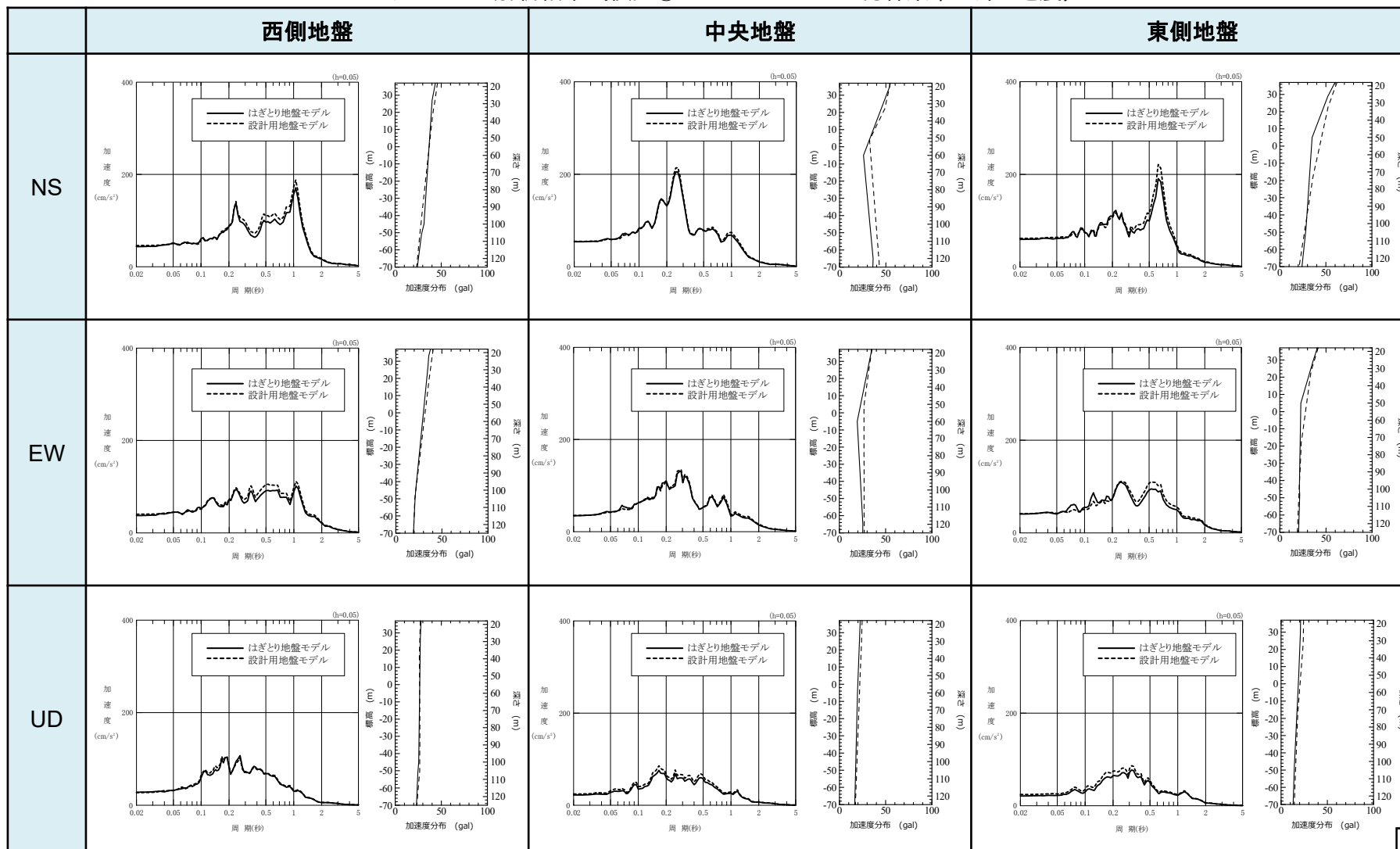
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (6/8)

■ 検討① 支持地盤の伝播特性に対する確認結果 (2012.5.24 青森県東方沖の地震)

➤ 上記に示した方針に従い実施した設計用地盤モデル及びはざとり地盤モデルを用いた地盤応答解析について、再処理事業所の建物・構築物の基礎底面レベル相当であるG.L.-18m位置の2E波を比較した結果を下図に示す。

シミュレーション解析結果 (検討①のうち2012.5.24 青森県東方沖の地震)



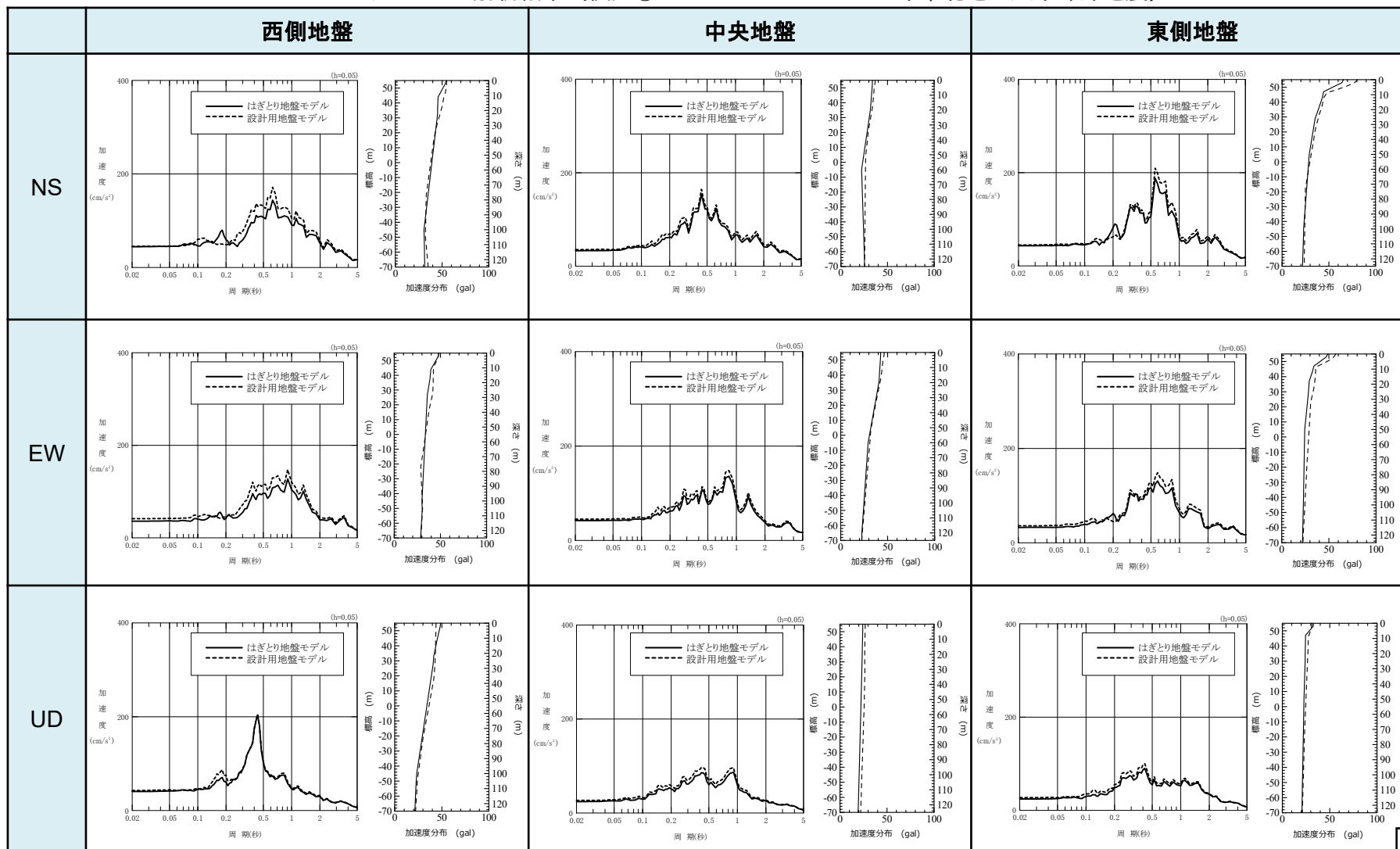
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (7/8)

■ 検討② 支持地盤+表層地盤の伝播特性に対する確認結果 (2011.3.11 2011年東北地方太平洋沖地震)

➤ 上記に示した方針に従い実施した設計用地盤モデル及びはざとり地盤モデルを用いた地盤応答解析について、再処理事業所の建物・構築物の基礎底面レベル相当であるG.L.-18m位置の2E波を比較した結果を下图に示す。

シミュレーション解析結果 (検討②のうち2011.3.11 2011年東北地方太平洋沖地震)



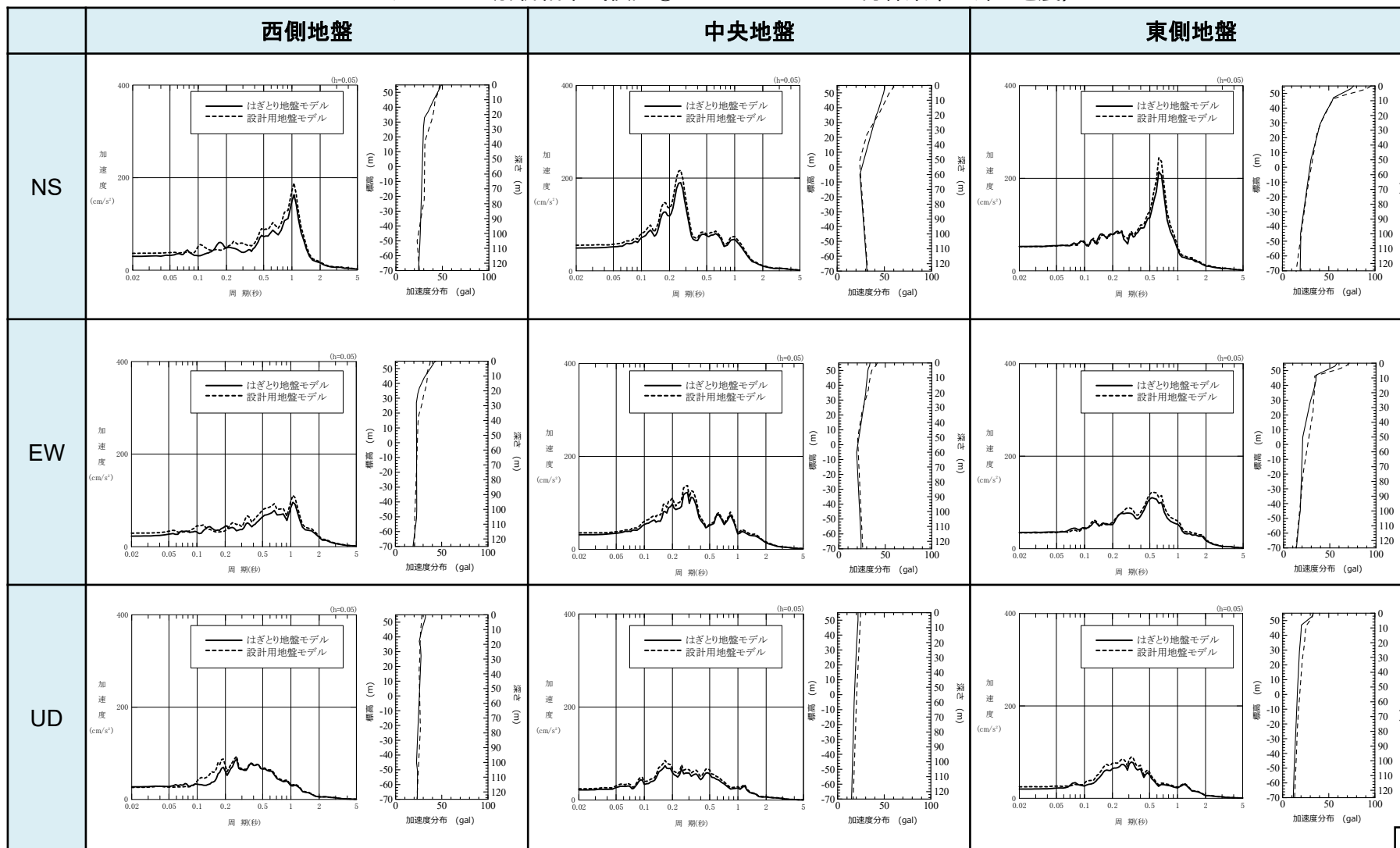
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

【参考】(5) 地震観測記録を用いたシミュレーション解析 (8/8)

■ 検討② 支持地盤+表層地盤の伝播特性に対する確認結果 (2012.5.24 青森県東方沖の地震)

➤ 上記に示した方針に従い実施した設計用地盤モデル及びはざとり地盤モデルを用いた地盤応答解析について、再処理事業所の建物・構築物の基礎底面レベル相当であるG.L.-18m位置の2E波を比較した結果を下图に示す。

シミュレーション解析結果 (検討②のうち2012.5.24 青森県東方沖の地震)



3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (1/19)

■ 確認項目及び確認の視点 (直下PS検層データを用いた耐震評価)

- 直下PS検層データの参照について、今回設工認における確認項目を整理した。
- 各確認項目及び確認の視点に対して示すべきデータについては、今後示す。
- 直下PS検層データを用いた耐震影響評価の詳細な方針については、次頁に示す。

課題に対する確認すべき項目 (直下PS検層データの参照)

課題	確認項目	確認の視点	示すべきデータ (今後提示)	提出時期
③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	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	評価対象建屋の直下PS検層データの速度構造について、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅からの乖離がある場合は、これらのPS検層結果を考慮しても、施設の耐震評価における検定値または応力比が1.0を超えず、耐震性に影響が無いことを確認する	<ul style="list-style-type: none"> • 直下PS検層データと設計用地盤モデルの照合結果 • 影響評価対象施設の選定結果 • 直下PS検層データを考慮した耐震影響評価結果 	6月 月上旬

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (3/19)

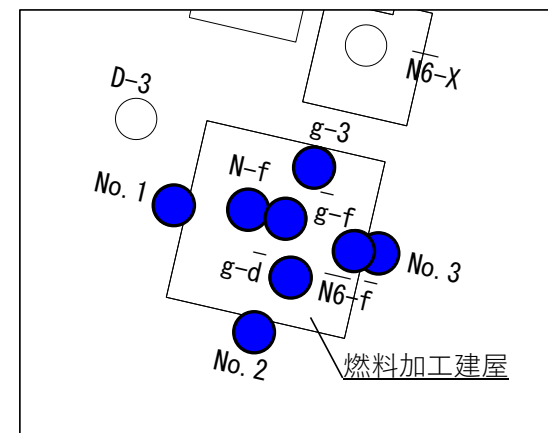
■燃料加工建屋の直下地盤モデルの作成

【支持地盤】

- 支持地盤の物性値の設定において、燃料加工建屋には直下PS検層データが複数孔あることから、前述の直下地盤モデルの作成方針に従い、設計用地盤モデルの物性値の設定方法と同じ手法により、複数の直下PS検層データに基づき、S波速度及びP波速度について、基本ケースとして平均値を、地盤物性のばらつきケースとして平均値 $\pm 1\sigma$ を設定する。
- 支持地盤のひずみ依存特性については、支持地盤の岩種ごとに剛性低下率及び減衰定数の傾向が異なるため、直下PS検層データの地質柱状図の速度境界間を占める主な岩種を確認し、岩種ごとの繰返し三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性を設定する。
- なお、支持地盤の物性値の設定に用いるS波速度及びP波速度は、右図に示す燃料加工建屋の直下PS検層データ位置図のうち、解放基盤表面(T.M.S.L.-70m)以深まで支持地盤の物性が得られている5箇所(g-3孔、N-f孔、g-f孔、g-d孔、N6-f孔)のデータを用いる。

【表層地盤】

- 表層地盤の物性値の設定においても、支持地盤同様に、設計用地盤モデルの物性値の設定方法と同じ手法により、複数の直下PS検層データに基づき、S波速度及びP波速度について、基本ケースとして平均値を、ばらつきケースとして平均値 $\pm 1\sigma$ を設定する。
- 表層地盤のひずみ依存特性については、造成盛土及び六ヶ所層それぞれについて、直下ボーリングにおける繰返し三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性を設定する。
- なお、表層地盤の物性値設定に用いるS波速度及びP波速度は、第3.1-1図の燃料加工建屋の直下PS検層データ位置図のうち、表層地盤の物性が得られている7箇所(g-3孔、N-f孔、g-d孔、N6-f孔、No.1孔、No.2孔、No.3孔)のデータを用いる。



●：直下地盤モデル作成に用いる直下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

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (4/19)

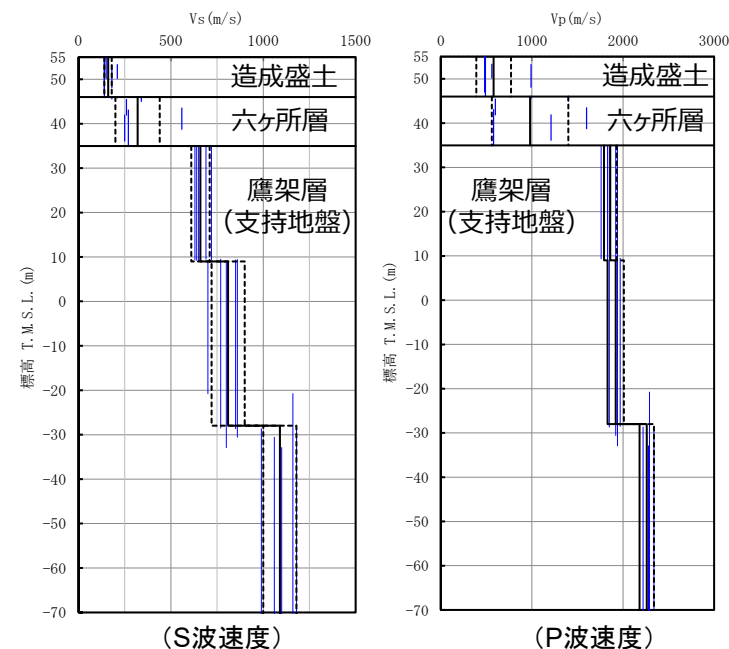
■燃料加工建屋の直下地盤モデルの作成結果

- ▶ 燃料加工建屋の直下地盤モデルは、直下PS検層データに基づき、設計用地盤モデル（支持地盤）と同じ手法により、層境界及び速度構造を算定した。
- ▶ 表層地盤について、建屋近傍地盤の岩種の分布状況を踏まえ、六ヶ所層と造成盛土の境界レベルをT.M.S.L.46.0mに、六ヶ所層と鷹架層の境界レベルをT.M.S.L.35.0mに設定した。
- ▶ 燃料加工建屋の直下PS検層データによれば、いずれのボーリング孔においてもT.M.S.L.-49.0mに速度境界は認められないが、次頁に示す直下ボーリング孔における岩種との対応関係において軽石質砂岩と細粒砂岩の境界が認められることを踏まえ、ひずみ依存特性を考慮するための層境界を設定している。
- ▶ さらに、直下地盤モデルに考慮するばらつきとして、直下PS検層データに基づく平均値±1σを考慮した。

燃料加工建屋の直下地盤モデル

標高 T.M.S.L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
▽地表面						
55.0	造成盛土	15.7	160	580	* 1	
46.0	六ヶ所層	16.5	320	980	* 2	
35.0						
▽基礎スラブ底面						
31.53	軽石凝灰岩	15.3	660	1860	* 3	
9.0		15.6	810	1920		
-28.0	軽石質砂岩	18.2	1090	2260	* 4	
-49.0	細粒砂岩					
▽解放基礎表面						
-70.0	細粒砂岩	18.2	1090	2260	—	

- * 1：造成盛土のひずみ依存特性を設定する。
- * 2：六ヶ所層のひずみ依存特性を設定する。
- * 3：軽石凝灰岩のひずみ依存特性を設定する。
- * 4：軽石質砂岩のひずみ依存特性を設定する。
- * 5：細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。



燃料加工建屋の直下PS検層データと
直下地盤モデルの速度構造
(黒線: 直下地盤モデル, 青線)

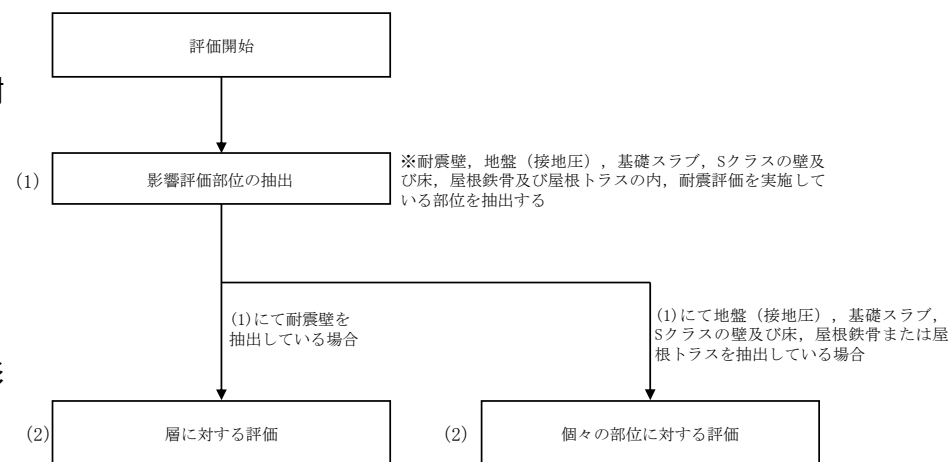
3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (5/19)

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価の方針

- 建物・構築物の耐震影響評価は、直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果のうち、耐震性に影響の大きい地震動に対して行う。
- 建物・構築物について、主要な耐震部材である耐震壁については「直下地盤モデル」の応答値の最大せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) 以内であること及び、その他評価部位 (Sクラス部位, 基礎スラブ) については「直下地盤モデル」の応答値を「設計用地盤モデル」の応答値で除した際に求められる応答倍率を「設計用地盤モデル」の最大の検定値 (発生値/許容値) に乗じ、その際の検定値が1.0以下であることを確認。検定値が1.0を超える場合は、別途詳細評価を行い、検定値が1.0以下であることを確認することにより、耐震評価上、安全上支障が無いことを示す。

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価の内容

- まず、影響評価部位の抽出を行う。影響評価部位としては、申請対象の建物・構築物において、耐震評価を実施している部位とする。具体的には、耐震評価は層に対する評価として耐震壁、個々の部位に対する評価として地盤 (接地圧), 基礎スラブ, Sクラスの壁, Sクラスの床, 屋根鉄骨及び屋根トラスに対して実施している。そのため、影響評価部位としてはこれらの部位の中で、各建物・構築物で耐震評価を実施している部位を抽出する。(フロー図 (1))
- 次に、フロー図の (1) で抽出した部位に対して、直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果に基づく影響評価を行う。影響評価については、影響評価部位に応じて、層に対する評価と、個々の部位に対する評価について実施する。(フロー図 (2))



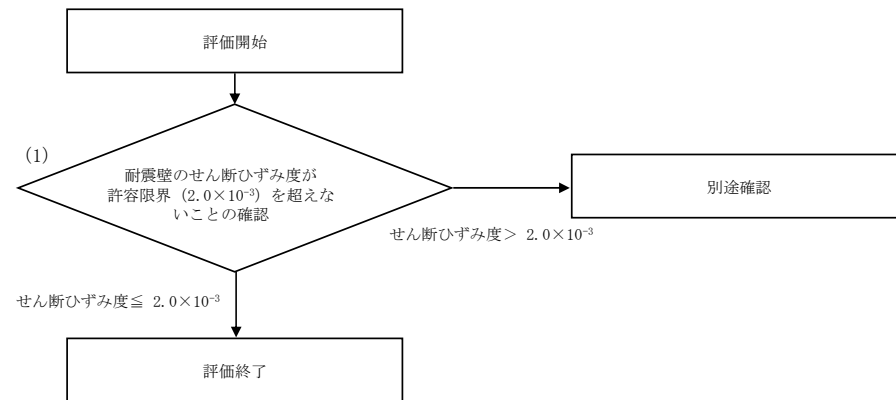
直下PS検層データを用いた耐震評価フロー

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (6/19)

■ 建物・構築物の耐震評価方針 (詳細)

■ 層に対する評価

- 層に対する評価としては、耐震壁についてSs地震時及び1.2×Ss地震時に対して、各層の最大せん断ひずみ度に対する評価を行っている。そのため、Ss地震時及び1.2×Ss地震時に対して直下PS検層データを考慮した地震応答解析を実施し、各層の最大せん断ひずみ度が許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。



層に対する評価フロー

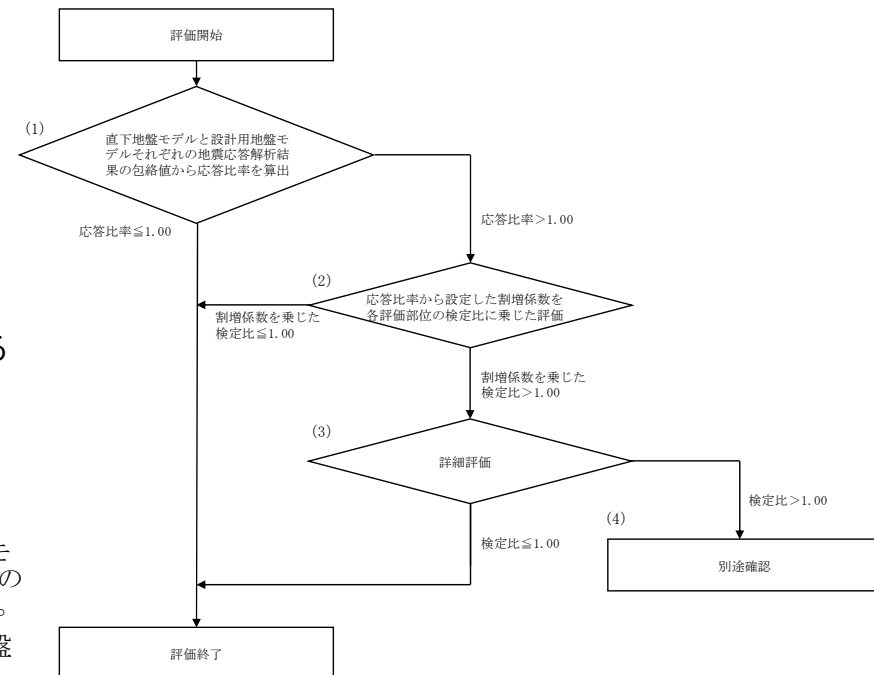
■ 個々の部位に対する評価

- 直下地盤モデルを用いた地震応答解析による最大応答値と、設計用地盤モデルを用いた地震応答解析による最大応答値を比較し、直下地盤モデルによる応答比率を算出し、応答比率が1.00以内に収まっているかどうかを確認する。
- なお、応答比率は、各評価対象部位に対し、評価部位の位置及び評価に用いる荷重等の種類を踏まえて算定する。
- 個々の部位に対する評価としては、各計算書に示す評価対象部位の耐震評価結果に割増係数を乗じて評価を行うことを基本とし、検定比が1.0を超えないことを確認する。
- 評価に用いる割増係数は、設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果と直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果による応答比率から算出することとする。

$$\text{応答比率} = \frac{\text{直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果の包絡値}^{*1}}{\text{設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果の包絡値}^{*2}}$$

*1: 基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とするが、現段階での評価としては建屋応答にクリティカルな地震波を選定して評価する。

*2: 基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とする。



個々の部位に対する評価フロー

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (7/19)

■ 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの耐震評価方針

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価の方針

- 影響評価に用いる地震荷重については、設計用地盤モデルにおける基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果より、 S_s -C1の地震動において、各層で最大応答せん断力が発生していることから、評価対象地震動を S_s -C1とする。
- 安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの影響評価においては、設備構造上、水平方向の影響評価には1軸多質点系モデルに対して直下地盤の物性値を考慮した地震応答解析を行い、算出される最大応答せん断力と設計用地盤モデルにて評価した際に算出されている最大応答せん断力の比較を行い、比較の結果算出された応答比率を設計用地盤モデルにおける最大検定値に対し、乗じることとする。
- 鉛直方向は、トラス部分の上下動が卓越するモードを三次元フレームモデルの固有値解析から固有周期0.244[s]とし、入力地震動の応答スペクトルから鉛直震度を算出する。影響評価には、設計用地盤モデルにて算出した加速度応答スペクトル(0.8G)と直下地盤モデルを考慮した加速度応答スペクトルの比較を行う。

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価の内容

- 影響評価部位の抽出として、耐震計算書に示す支持架構に対し、影響評価を実施する。
- 水平方向の影響評価については1軸多質点系モデルに対して直下地盤モデルを考慮した地震応答解析を行い、算出される最大応答せん断力と設計用地盤モデルにて評価した際に算出されている最大応答せん断力の比較を行う。
- 比較の結果、直下地盤モデルを考慮した最大応答せん断力が設計用地盤モデルによる最大応答せん断力を超過している場合は、応答比率を算出し、設計用地盤モデルにおける最大応力度比に対して乗じる。
- 鉛直方向の影響評価については設計用地盤モデルにて算出した設計用床応答曲線と直下地盤の物性値を考慮した加速度応答スペクトルの比較を行う。
- 比較の結果、直下地盤モデルを考慮した鉛直震度が設計用地盤モデルによる鉛直震度を超過している場合は、応答比率を算出し、設計用地盤モデルにおける最大応力度比に対して乗じる。
- 上記の比較した結果、応答比率が1.00を超過している場合は、安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの耐震計算書に示す最大応力度比に対し、応答比率を乗じる。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (8/19)

■ 機器・配管系の耐震評価方針

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価の方針

- 耐震影響評価は、床応答曲線及び床応答加速度を用いて影響確認を行う。
- 影響評価方針として、拡幅を行わない「直下地盤モデル」のFRSの応答値と原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）に示す周期方向に±10%の拡幅をした「設計用地盤モデル」のFRSの応答値から求めた加速度比及び床応答加速度による比較を行った結果算出された加速度比を設工認に記載している算出応力に乘じ、応力比（発生値／許容値）が1.0以下であることを確認。応力比が1.0を超える場合は、別途詳細評価を行い、応力比が1.0以下であることを確認することにより、耐震評価上、安全上支障が無いことを示す。

■ 直下PS検層データを用いた耐震評価の内容

- 影響評価部位の抽出として、耐震計算書に示す評価部位に対し、影響評価を実施する。
- 支持架構は設計用地盤モデルにて算出した設計用床応答曲線と直下地盤モデルを考慮した床応答曲線の比較を行う。
- 床応答曲線の比較の結果、直下地盤を考慮した床応答曲線が設計用床応答曲線を超過している場合、安全冷却水B冷却塔の一次固有周期以下で最大となる加速度比を直下地盤モデルを考慮した場合の最大加速度比として、安全冷却水B冷却塔の耐震計算書に示している最大応力比に乘じた詳細検討を実施する。
- 支持架構搭載機器は固有振動数が20Hz以上（固有周期0.05s以下）の剛性の高い設備であることから床応答加速度による比較を行う。
- 床応答加速度を比較した結果、加速度比が1.00を超過している場合は、安全冷却水B冷却塔の耐震計算書に示す各階層の設備における最大応力比に対し、加速度比を乗じる。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (9/19)

■ 燃料加工建屋の耐震評価結果

■ 耐震壁

- 耐震壁については、Ss地震時及び1.2×Ss時に対する評価として、せん断ひずみ度が最も大きくなる層の最大せん断ひずみ度が許容限界(2.00×10⁻³)を超えないことを確認した。
- 燃料加工建屋の耐震壁において、直下地盤モデルを用いた場合のせん断ひずみ度は、最大で1.08×10⁻³(地下3階壁)であり、許容限界(2.00×10⁻³)以内であることから、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

■ 地盤(接地圧)

- 地盤(接地圧)については、Ss地震時に対する評価として、水平地震力(曲げモーメント)及び鉛直地震力(軸力)の組合せにより算出していることから、基礎スラブが位置するT.M.S.L.31.53m~34.23m(要素番号8)の基準地震動Ssに対する最大応答曲げモーメント及び軸力の応答比率について整理した。
- 応答比率が1.00を超えていることから、割増係数を用いた影響確認を行った。割増係数は応答比率の最大値である1.130とする。
- 割増係数を用いた影響確認の結果、接地圧に対しては直下地盤モデルによる割増係数を考慮しても、検定比が1.0を超えないことから、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

評価に用いる応答比率と耐震評価要否

要素番号	応答種別	最大応答値		応答比率 (②/①)	評価要否
		①設計用地盤モデル*1	②直下地盤モデル*2		
8	曲げ(NS) (×10 ⁵ kNm)	720.46	788.06	1.094	要
	曲げ(EW) (×10 ⁵ kNm)	731.93	816.55	1.116	
	軸力(UD) (×10 ⁴ kN)	130.75	147.74	1.130	

*1: 基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とする。

*2: 現段階では、基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースにおける、選定した地震波についての包絡値

*3: 赤字は応答比率の最大値を示す。

直下PS検層データを用いた地盤(接地圧)の評価結果

方向	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)	検定比 ①	割増係数 ②	①×② 検定比	判定
NS	1229	38800	0.032	1.130	0.037	OK
EW	1231		0.032		0.037	OK

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (10/19)

■ 燃料加工建屋の耐震評価結果

■ 基礎スラブ

- 基礎スラブについては、Ss地震時に対する評価として、上部構造からの水平地震力（せん断力及び曲げモーメント）及び鉛直地震力（軸力）の組合せ応力を考慮することから、基礎スラブ上層T.M.S.L.34.23m～35.00m（要素番号7）の最大応答せん断力、曲げモーメント及び軸力の応答比率について整理した。
- 応答比率が1.00を超えていることから、割増係数を用いた影響確認を行った。割増係数は応答比率の最大値である1.130とする。
- ここで、設計用地盤モデルの地震応答解析結果から設定している地震荷重は、せん断力及び曲げモーメントについてはSs-C1で決まっており、軸力についてはSs-Aで決まっている。そこで、Ss-A及びSs-C1の個々の設計用地盤モデルの地震応答解析結果から得られた地震荷重に対する検定比に対して、割増係数を乗じる影響確認を行うこととする。影響確認はより厳しい評価となる水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた入力に対する検定比に対して行った。
- 割増係数を用いた影響確認の結果、基礎スラブに対しては直下地盤モデルによる割増係数を考慮しても、検定比が1.0を超えないことから、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

評価に用いる応答比率と耐震評価要否

要素番号	応答種別	最大応答値		応答比率 (②/①)	評価要否
		①設計用地盤モデル*1	②直下地盤モデル*2		
7	せん断(NS) ($\times 10^5$ kN)	29.10	29.94	1.029	要
	せん断(EW) ($\times 10^5$ kN)	29.02	31.50	1.086	
	曲げ(NS) ($\times 10^5$ kNm)	635.13	696.30	1.097	
	曲げ(EW) ($\times 10^5$ kNm)	644.06	720.70	1.119	
	軸力(UD) ($\times 10^4$ kN)	121.26	136.94	1.130*3	

*1：基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とする。

*2：現段階では、基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースにおける、選定した地震波についての包絡値

*3：赤字は応答比率の最大値を示す。

軸力及び曲げモーメントに対する評価

方向	発生曲げモーメント (kN・m/m)	許容値 (kN・m/m)	検定比 ①	割増係数 ②	①×② 検定比	判定
NS	14727	26450	0.557	1.130	0.630	OK
EW	2782	6283	0.443		0.501	OK

面外せん断力に対する評価

方向	地震波	発生面外せん断力 (kN/m)	許容値 (kN/m)	検定比 ①*	割増係数 ②	①×② 検定比	判定
NS	Ss-A	4523	6890	0.657	1.130	0.743	OK
	Ss-C1	6007	7815	0.769		0.869	OK
EW	Ss-A	4866	7528	0.647	1.130	0.732	OK
	Ss-C1	6515	7711	0.845		0.955	OK

*：「検定比①」については、全波包絡荷重に対する検定比を用いるのが基本であるが、水平方向と鉛直方向の応答が大きい波ごとの応力解析結果（検定比）を用いる。

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (11/19)

■ 燃料加工建屋の耐震評価結果

■ 重要区域の壁

- 重要区域の壁は、弾性設計用地震動Sdによる地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して、水平地震力（せん断力及び曲げモーメント）及び鉛直地震力（軸力）の組合せ応力を考慮しており、せん断力による鉄筋の応力度と、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋の応力度について評価を行っている。そのため、重要区域の壁が位置するT.M.S.L.35.00m～50.30m（要素番号5～要素番号6）のせん断力に対する応答比率と、軸力及び曲げモーメントに対する応答比率について整理した。
- 応答比率が1.00を超えていることから、割増係数を用いた影響確認を行った。
- 割増係数を用いた影響確認の結果、重要区域の壁に対しては耐震計算書に示す応力評価結果に割増係数を乗じた場合においても、検定比が1.0を超えないことから、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

評価に用いる応答比率と耐震評価要否

要素番号	方向及び評価項目	応答種別	最大応答値		応答比率(②/①)	評価要否	
			①設計用地盤モデル*1	②直下地盤モデル*2			
5	NS	せん断	せん断(NS) ($\times 10^5$ kN)	10.53	14.99	1.424*3	要
		軸曲げ	曲げ(NS) ($\times 10^5$ kNm)	229.52	272.73	1.189*3	
			軸力(UD) ($\times 10^4$ kN)	43.79	48.92	1.118	
	EW	せん断	せん断(EW) ($\times 10^5$ kN)	10.42	14.87	1.428*3	要
		軸曲げ	曲げ(EW) ($\times 10^5$ kNm)	228.08	274.53	1.204*3	
			軸力(UD) ($\times 10^4$ kN)	43.79	48.92	1.118	

重要区域の壁に対する評価

要素番号	方向	評価鉄筋	解析結果		割増係数を考慮した解析結果		許容値		検定比	判定
			${}_s\sigma_t$ (N/mm ²)	${}_s\sigma_s$ (N/mm ²)	上段： ${}_s\sigma_t$ (N/mm ²) (下段：割増係数)	上段： ${}_s\sigma_s$ (N/mm ²) (下段：割増係数)	f_t (N/mm ²)	${}_s f_t$ (N/mm ²)		
5	NS	水平	-	184.6	-	262.9 (1.424)	345	345	0.763	OK
		鉛直	0.0	184.6	0 (1.189)	262.9 (1.424)	345	345	0.763	OK
	EW	水平	-	211.6	-	302.2 (1.428)	345	345	0.876	OK
		鉛直	26.6	141.1	32.1 (1.204)	201.5 (1.428)	345	345	0.678	OK
	NS	水平	-	230.4	-	275.8 (1.197)	345	345	0.800	OK
		鉛直	105.6	172.8	124.7 (1.180)	206.9 (1.197)	345	345	0.962	OK
EW	水平	-	183.5	-	219.5 (1.196)	345	345	0.637	OK	
	鉛直	87.0	183.5	103.8 (1.193)	219.5 (1.196)	345	345	0.938	OK	

*1：基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とする。
 *2：現段階では、基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースにおける、選定した地震波についての包絡値
 *3：赤字は応答比率の最大値を示す。

${}_s\sigma_t$ ：軸力及び曲げモーメントにより生じる鉄筋引張応力度
 ${}_s\sigma_s$ ：せん断力により生じる鉄筋引張応力度
 f_t ：鉄筋の短期許容引張応力度
 ${}_s f_t$ ：鉄筋のせん断補強用短期許容引張応力度
 検定比： ${}_s\sigma_t/f_t + {}_s\sigma_s/{}_s f_t$

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (12/19)

■ 燃料加工建屋の耐震評価結果

■ 重要区域の床

- 重要区域の床は、基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdに対して鉛直方向の地震荷重として慣性力を考慮することから、重要区域の床が位置するT.M.S.L.35.00m～50.30m（質点番号5～質点番号7）の鉛直方向の最大応答加速度の応答比率を整理する。なお、耐震計算書においてはSs地震時及びSd地震時ともに評価の判定値が同じであることから、Ss地震時に対してのみ評価を行っているため、応答比率についてもSs地震時の応答に対して算出する。
- 応答比率が1.00を超えていることから、割増係数を用いた影響確認を行う。割増係数は応答比率の最大値である1.107とする。
- 割増係数を用いた影響確認の結果、重要区域の床に対しては耐震計算書に示す応力評価結果に割増係数を乗じた場合においても、検定比が1.0を超えないことから、耐震評価上、安全上支障は無いことを確認した。

評価に用いる応答比率と耐震評価要否

T.M.S.L. (m)	質点 番号	最大応答加速度 (鉛直方向) (cm/s ²)		応答比率 (②/①)	割増係数を 乗じた評価 の要否
		①設計用地盤 モデル*1	②直下地盤 モデル*2		
50.30	5	433	479	1.107*3	要
43.20	6	430	458	1.066	
35.00	7	410	441	1.076	

*1：基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とする。
*2：現段階では、基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースにおける、選定した地震波についての包絡値
*3：赤字は応答比率の最大値を示す。

重要区域の床に対する評価

方向		NS	EW
部位	標高	T.M.S.L. 43.20m	
曲げ モーメント	発生曲げモーメント M (kN・m)	127	181
	短期許容曲げモーメント M _A (kN・m)	221	230
	検定比 M/M _A ①	0.575	0.787
	割増係数 ②	1.107	
	①×② 検定比	0.637	0.872
判定		OK	OK
せん断力	発生面外せん断力 Q (kN)	193	206
	許容せん断力の割増し係数 α	1.0	1.0
	短期許容面外せん断力 Q _A (kN)	528	548
	検定比 Q/Q _A ①	0.366	0.376
	割増係数 ②	1.107	
①×② 検定比		0.406	0.417
判定		OK	OK

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (13/19)

■安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルの作成結果

- 安全冷却水B冷却塔は直下にPS検層データがないことから、安全冷却水B冷却塔直下の地下構造と概ね同様の地下構造であることを確認した上で、近傍のPS検層データとして制御建屋の直下のPS検層(L-4孔)を直下地盤モデルの作成に用いるPS検層データとして選定した。
- 安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルは、直下PS検層データが1孔のため、S波速度及びP波速度について、基本ケースとして直下PS検層データのS波速度及びP波速度を設定し、地盤物性のばらつきケースとして設計用地盤モデル(中央地盤)のS波速度及びP波速度それぞれの変動係数([変動係数]=[標準偏差]÷[平均値])から定めた標準偏差(±1σ)を設定した。
- 支持地盤のひずみ依存特性については、支持地盤の岩種ごとに剛性低下率及び減衰定数の傾向が異なるため、直下PS検層データの岩種を確認し、岩種ごとの繰返し三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性を設定した。



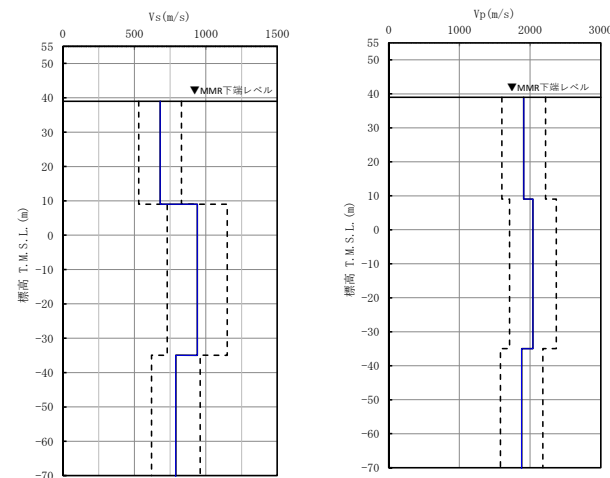
●：直下地盤モデル作成に用いる直下PS検層データ

安全冷却水B冷却塔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

安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデル

標高 T.M.S.L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 $G/G_0 - \gamma$	減衰定数 $h - \gamma$
▽基礎スラブ底面						
▽MMR下端レベル	MMR	*1	*1	*1		*1
36.72	細粒砂岩	18.3	680	1910		*2
36.22	粗粒砂岩					*3
17.90	細粒砂岩					*2
17.56	粗粒砂岩					*3
9.02	細粒砂岩	18.1	940	2040		*2
-34.98	泥岩(下部層)	16.9	790	1880		*4
▽解放基盤表面	泥岩(下部層)	16.9	790	1880		-

- *1：支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMR直下の支持地盤の物性値を設定する。
- *2：第4.2-2図に示す細粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。
- *3：第4.2-3図に示す粗粒砂岩のひずみ依存特性を設定する。
- *4：第4.2-4図に示す泥岩(下部層)のひずみ依存特性を設定する。



(S波速度)

(P波速度)

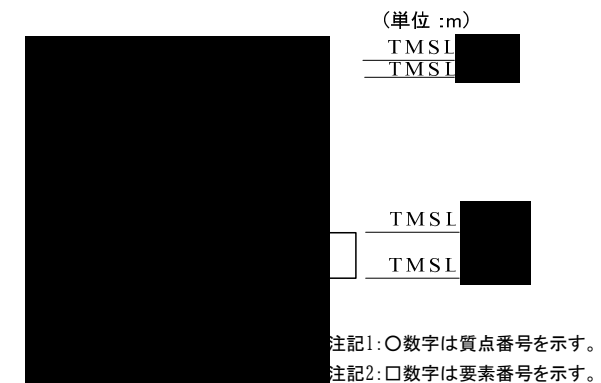
安全冷却水B冷却塔の直下PS検層データと直下地盤モデルの速度構造

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

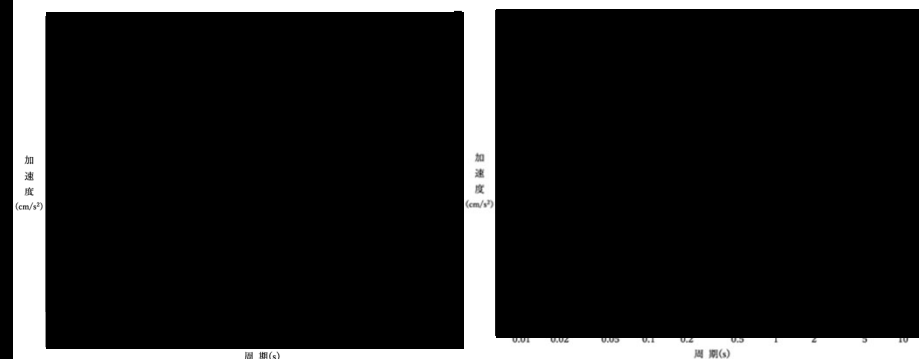
【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (14/19)

■ 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果

- 地震応答解析より得られた燃料加工建屋の最大応答値について、設計用地盤モデルによる解析結果と直下地盤モデルによる解析結果の比較を下図に示す。(本資料では代表として基準地震動Ss-Aによる結果を示す。)



質点・要素位置



入力地震動 (基礎下地盤応答) の応答スペクトル

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (15/19)

■安全冷却水B冷却塔の耐震評価結果

■地盤（接地圧）

➤ 地盤（接地圧）については、Ss地震時に対する評価として、水平地震力（曲げモーメント）及び鉛直地震力（軸力）の組合せにより算出していることから、基礎スラブが位置するT.M.S.L. [redacted] m～[redacted] m（要素番号3）の基準地震動Ssに対する最大応答曲げモーメント及び軸力の応答比率について整理した。

➤ [redacted]

➤ [redacted]

評価に用いる応答比率と耐震評価要否

要素番号	応答種別	最大応答値		応答比率 (②/①)	評価要否
		①設計用地盤モデル*1	②直下地盤モデル*2		
3	曲げ(NS) (×10 ⁴ kNm)	[redacted]	[redacted]	[redacted]	要
	曲げ(EW) (×10 ⁴ kNm)				
	軸力(UD) (×10 ³ kN)				

*1：基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とする。
*2：現段階では、基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースにおける、選定した地震波についての包絡値
*3：赤字は応答比率の最大値を示す。

直下PS検層データを用いた地盤（接地圧）の評価結果

	最大接地圧 (kN/m ²)	極限支持力度 (kN/m ²)	検定比 ①	割増係数②	①×② 検定比	判定
NS	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	OK
EW	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	OK

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (16/19)

■安全冷却水B冷却塔の耐震評価結果

■基礎スラブ

➤ 基礎スラブは、Ss地震時に対する評価として、上部構造からの水平地震力（せん断力及び曲げモーメント）及び鉛直地震力（軸力）の組合せ応力を考慮することから、基礎スラブ上層T.M.S.L. [redacted] m～[redacted] m（要素番号1）及びT.M.S.L. [redacted] m～[redacted] m（要素番号2）の最大応答せん断力、曲げモーメント及び軸力の応答比率について整理した。

- [redacted]
- [redacted]
- [redacted]

評価に用いる応答比率と耐震評価要否

要素番号	応答種別	最大応答値		応答比率 (②/ ①)	割増係数を 乗じた評価 の要否
		①設計用地 盤モデル*1	②直下地盤 モデル*2		
1	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	要
2	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	

*1：基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースの設計用地盤モデルを用いた地震応答解析結果における包絡値とする。
*2：現段階では、基本ケース及び地盤物性のばらつきを考慮したケースにおける、選定した地震波についての包絡値
*3：赤字は応答比率の最大値を示す。

軸力及び曲げモーメントに対する評価

方向	発生曲げ モーメント (kN・m/m)	許容値 (kN・ m/m)	検定比 ①	割増係数 ②	①×② 検定比	判定
NS	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	OK
EW	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	OK

面外せん断力に対する評価

方向	発生 面外せん断力 (kN/m)	許容値 (kN/m)	検定比 ①	割増係数 ②	①×② 検定比	判定
NS	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	OK
EW	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	OK

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 別紙（6）直下PS検層データを用いた耐震評価（17/19）

■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の作成結果

- 安全冷却水B冷却塔は直下にPS検層データがないことから、安全冷却水B冷却塔直下の地下構造と概ね同様の地下構造であることを確認した上で、近傍のPS検層データとして制御建屋の直下のPS検層（L-4孔）を直下地盤モデルの作成に用いるPS検層データとして選定した。
- 安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルは、直下PS検層データが1孔のため、S波速度及びP波速度について、基本ケースとして直下PS検層データのS波速度及びP波速度を設定し、地盤物性のばらつきケースとして設計用地盤モデル（中央地盤）のS波速度及びP波速度それぞれの変動係数（[変動係数]=[標準偏差]÷[平均値]）から定めた標準偏差（±1σ）を設定した。
- 支持地盤のひずみ依存特性については、支持地盤の岩種ごとに剛性低下率及び減衰定数の傾向が異なるため、直下PS検層データの岩種を確認し、岩種ごとの繰返し三軸圧縮試験結果に基づくひずみ依存特性を設定した。



●：直下地盤モデル作成に用いる直下PS検層データ

安全冷却水B冷却塔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

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

標高 T. M. S. L. (m)	岩種	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	剛性低下率 $G/G_0-\gamma$	減衰定数 $h-\gamma$
52.30	改良体	16.7	910	1960	*1	
37.00	細粒砂岩	18.3	680	1910	*2	
36.72	粗粒砂岩				*3	
36.22	細粒砂岩				*2	
17.90	粗粒砂岩				*3	
17.56	粗粒砂岩				*3	
9.02	細粒砂岩	18.1	940	2040	*2	
-34.98	泥岩(下部層)	16.9	790	1880	*4	
▽解放基盤表面 -70.00	泥岩(下部層)	16.9	790	1880	-	

3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (18/19)

■安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットの直下PS検層データを用いた地震応答解析結果

- ▶ 以下に水平方向の地震応答解析による最大応答せん断力と鉛直方向の加速度応答スペクトルの比較結果を示す。
- ▶ 水平方向：最大応答せん断力の応答比率を算出し、最大で1.041となった。
- ▶ 鉛直方向：直下地盤モデルにおける鉛直震度が、設計用地盤モデルにおける評価用鉛直震度0.8G以下であることを確認した。
- ▶ 以上より、水平方向にて算出した応答比率を、設計用地盤モデルにおける最大応力度比(0.81)に乘じ、耐震性に影響がないことを確認した。
 $0.81 \times 1.041 = 0.844$ OK

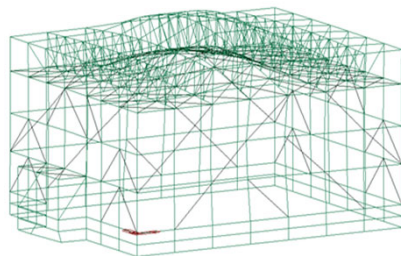
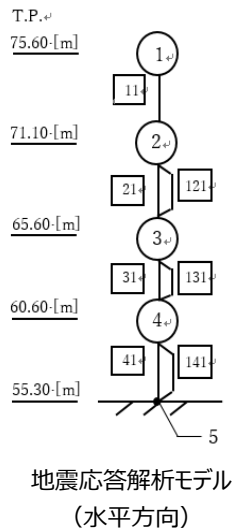
水平方向：最大応答せん断力の比較結果

(a) NS方向

要素番号	設計用地盤モデル①			直下地盤モデル②			応答比率 ②/①
	基本ケース	+1σ	-1σ	基本ケース	+1σ	-1σ	
11	8785	8703	8942	8865	8825	8945	1.001
21+121	12933	12871	13103	13282	12911	13629	1.041
31+131	13465	13401	13577	13469	13354	13925	1.027
41+141	13933	13882	14038	13755	13907	13983	0.997

(b) EW方向

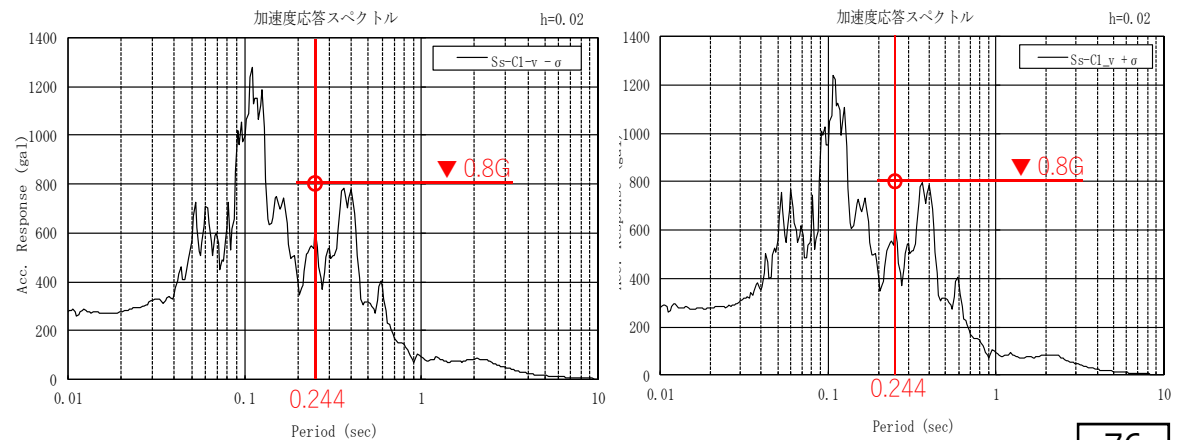
要素番号	設計用地盤モデル①			直下地盤モデル②			応答比率 ②/①
	基本ケース	+1σ	-1σ	基本ケース	+1σ	-1σ	
11	9458	9389	9564	9434	9417	9589	1.003
21+121	13059	12999	13186	13337	12957	13673	1.037
31+131	13471	13453	13679	13616	13492	13947	1.020
41+141	14137	14107	14189	13934	14088	14096	0.994



固有周期: 0.244[s]

三次元フレームモデルにおける
トラス部分の上下動卓越モード
(鉛直方向)

鉛直方向：直下地盤モデルにおける加速度応答スペクトル

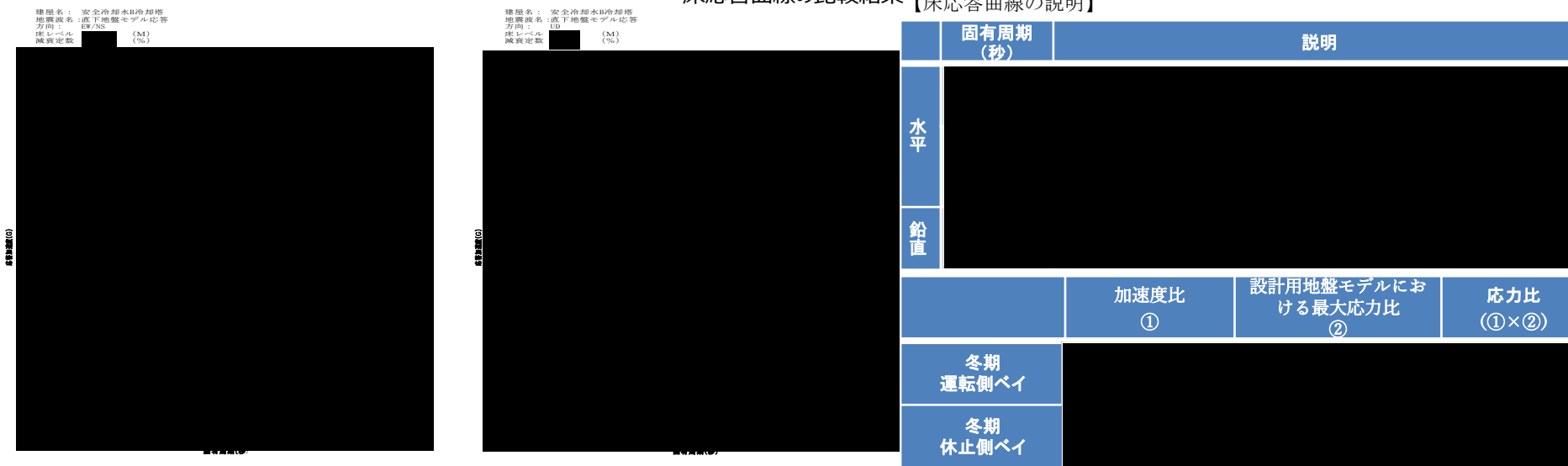


3. 技術的内容に係る説明 ① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 【参考】(6) 直下PS検層データを用いた耐震評価 (19/19)

■安全冷却水B冷却塔(本体)の直下PS検層データを用いた地震応答解析結果

▶ 以下に支持架構の評価に用いる床応答曲線と支持架構搭載機器の評価に用いる最大応答加速度の比較結果を示す。

床応答曲線の比較結果【床応答曲線の説明】



最大応答加速度の比較結果

	EL	設計用地盤モデル	直下地盤モデル		加速度比 ①	設計用地盤モデルにおける最大応力比 ②	応力比 (①×②)	判定
		標準 (G)	標準 (G)	地盤物性 +1σ (G)				
冬期 運転側 ベイ								
冬期 休止側 ベイ								

② 設計用地下水位の設定
参考資料

2. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(1) 地下水排水設備に囲まれている建物 (地下水排水設備の設計方針)

◆ 地下水排水設備の要求機能

機能	部位	第7条 (1.0Ss)	第31条 (1.0Ss)	第33条 (1.2Ss)
		建物・構築物の耐震評価(1.0Ss)の前提として地下水位を基礎スラブ上端以下に維持する		建物・構築物の耐震評価(1.2Ss)の前提として地下水位を基礎スラブ上端以下に維持する
集水機能	集水管 サブドレン管	Cクラス (Ss機能維持※1)	Cクラス (1.2Ss機能維持※2)	Cクラス (1.2Ss機能維持※2)
支持機能	サブドレンピット サブドレンシャフト	Cクラス (Ss機能維持※1)	Cクラス (1.2Ss機能維持※2)	Cクラス (1.2Ss機能維持※2)
排水機能	サブドレンポンプ 揚水管	Cクラス (Ss機能維持※1)		可搬対応※3
制御機能	水位検出器 制御盤	Cクラス (Ss機能維持※1)		可搬対応※3
電源機能	電源	Cクラス (Ss機能維持※1)		可搬対応※3

※1 地下水排水設備は、耐震Cクラスに該当し、重大事故等対処設備に該当しないが、建物・構築物の耐震評価(1.0Ss)において地下水位を基礎スラブ上端以下に維持するため、基準地震動Ssに対して機能維持させる。

※2 地下水排水設備は、耐震Cクラスに該当、重大事故等対処設備に該当しないが、建物・構築物の耐震評価(1.2Ss)において地下水位を基礎スラブ上端以下に維持するため、基準地震動Ssを1.2倍した地震力に対して機能維持させる。

※3 基準地震動Ssを超える地震の発生時において、機能が喪失した場合の考慮として、地下水位が基礎スラブ上端に達する前に、代替ポンプ及び代替電源によりサブドレンピットからの排水を行う。

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 【参考】(2) 設計用地下水位の設定

基準地震動Ssまたは基準地震動Ssを1.2倍した地震力による評価を行う建屋・屋外機械基礎の設計用地下水位

分類	名称	地下躯体	地下水排水設備	設計用地下水位		
				既設工認	今回設工認	
建屋	燃料加工建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	前処理建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	分離建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	精製建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ハル・エンドピース貯蔵建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	制御建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	非常用電源建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	高レベル廃液ガラス固化建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	第1ガラス固化体貯蔵建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ガラス固化体貯蔵建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ガラス固化体貯蔵建屋B棟	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	緊急時対策建屋	有	有	—※1	基礎スラブ上端以下	
	第1保管庫・貯水所	有	有	—※1	基礎スラブ上端以下	
	第2保管庫・貯水所	有	有	—※1	基礎スラブ上端以下	
	分析建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ウラン酸化物貯蔵建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ガラス固化体受入れ建屋	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
	ウラン脱硝建屋	有	有	地表	基礎スラブ上端以下※2	
	低レベル廃棄物処理建屋	有	有	地表	基礎スラブ上端以下※2	
	出入管理建屋	有	無	地表	地表	
	使用済燃料輸送容器管理建屋(使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)	有	無	基礎スラブ上端以下	地表※2	
	主排気筒管理建屋	無	無	地表	地表	
	使用済燃料輸送容器管理建屋(トレーラエリア)	無	無	地表	地表	
	屋外機械基礎	使用済燃料貯蔵施設用冷却水設備(B基礎)	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下
		第1非常用ディーゼル発電設備用重油タンク室(基礎)	有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下
燃料油貯蔵タンク(基礎)		有	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
冷却塔A,B(基礎)		無	有	基礎スラブ上端以下	基礎スラブ上端以下	
第1軽油貯蔵(基礎)		有	有	—※1	基礎スラブ上端以下	
第2軽油貯蔵(基礎)		有	有	—※1	基礎スラブ上端以下	
重油貯槽(基礎)		有	有	—※1	基礎スラブ上端以下	
安全冷却水A冷却塔(基礎)		無	無	—※1	地表	
安全冷却水B冷却塔(基礎)		無	無	地表	地表	
使用済燃料貯蔵施設用冷却水設備(A基礎)		有	無	地表	地表	

※1既設工認で申請していない建物・構築物

※2地下水排水設備の設置状況を考慮し、既設工認時に設定した設計用地下水位を変更(設計用地下水位の設定フロー通りに設計用地下水位を設定)

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 【参考】(3) 設計用地下水位の設定

基準地震動Ssまたは基準地震動Ssを1.2倍した地震力による評価を行う竜巻防護対策設備、
屋外重要土木構築物(洞道)、排気筒及び換気筒の設計用地下水位

分類	名称	設計用地下水位	
		既設工認	今回設工認
竜巻防護対策設備	安全冷却水A冷却塔 飛来物防護ネット	—※	地表
	安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネット	—※	地表
	主排気筒に接続する屋外配管及び屋外ダクトの飛来物防護板(主排気筒周り)	—※	地表
	安全冷却水系冷却塔A 飛来物防護ネット	—※	地表
	安全冷却水系冷却塔B 飛来物防護ネット	—※	地表
	冷却塔A,B 飛来物防護ネット	—※	地表
屋外重要土木構築物 (洞道)	分離建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋間洞道	地表	地表
	精製建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋間洞道	地表	地表
	高レベル廃液ガラス固化建屋/第1ガラス固化体貯蔵建屋間洞道	地表	地表
	分離建屋/精製建屋/ウラン脱硝建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/低レベル廃液処理建屋/低レベル廃棄物処理建屋/分析建屋間洞道	地表	地表
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/安全冷却水系冷却塔A基礎間洞道	地表	地表
	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋/安全冷却水系冷却塔B基礎間洞道	地表	地表
	前処理建屋/分離建屋/精製建屋/高レベル廃液ガラス固化建屋/ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋/制御建屋/非常用電源建屋/冷却水設備の安全冷却水系/主排気筒/主排気筒管理建屋間洞道	地表	地表
排気筒	主排気筒	地表	地表
換気筒	北換気筒	地表	地表

※既設工認で申請していない建物・構築物

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定 【参考】（４）設計用地下水位の設定

◆ 既設工認時に設定した設計用地下水位の位置を変更する建物・構築物

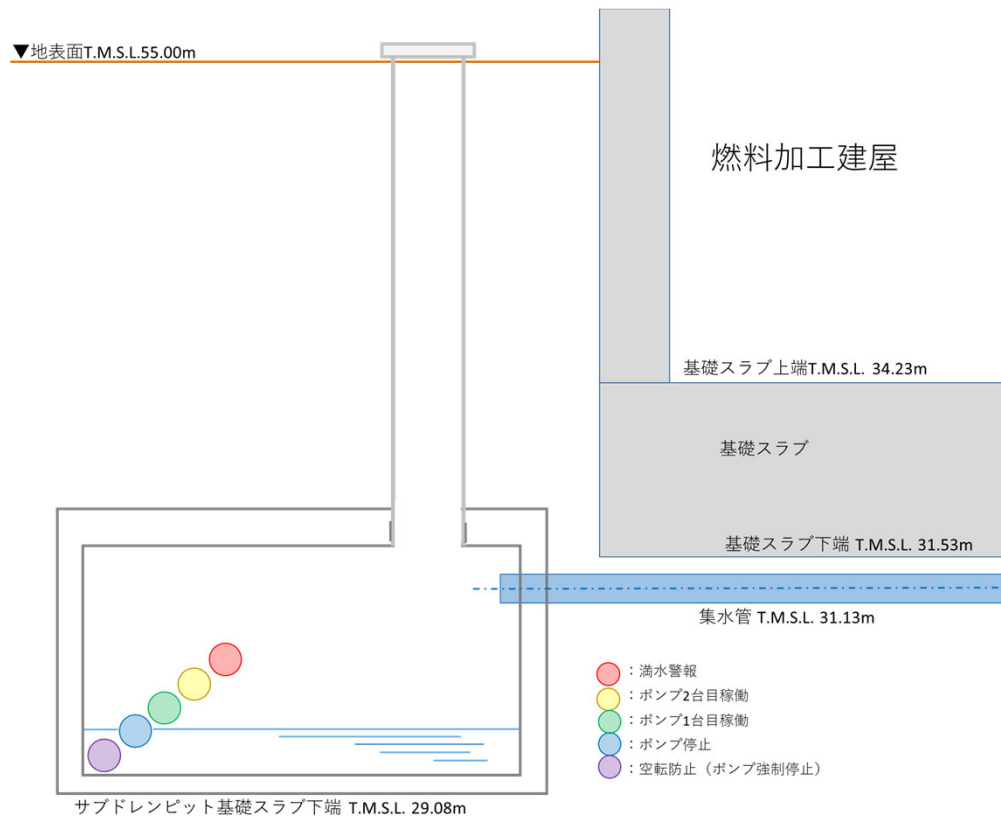
名称	地下 躯体	地下水 排水設備	設計用地下水位		設計用地下水位の変更に際しての考え方
			既設工認	今回設工認	
ウラン脱硝建屋	有	有	地表面	基礎スラブ上 端以下	当該施設が地下水排水設備に囲まれていることを踏まえ、設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に変更する。
低レベル廃棄物処理建屋	有	有	地表面	基礎スラブ上 端以下	当該施設が地下水排水設備に囲まれていることを踏まえ、設計用地下水位を基礎スラブ上端以下に変更する。
使用済燃料輸送容器管理 建屋（使用済燃料収納使 用済燃料輸送容器保管庫）	有	無	基礎スラブ 上端以下	地表面	周辺建屋の地下水排水設備の影響により地表面よりも低下していたと考えていたが、当該施設が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変更する。

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

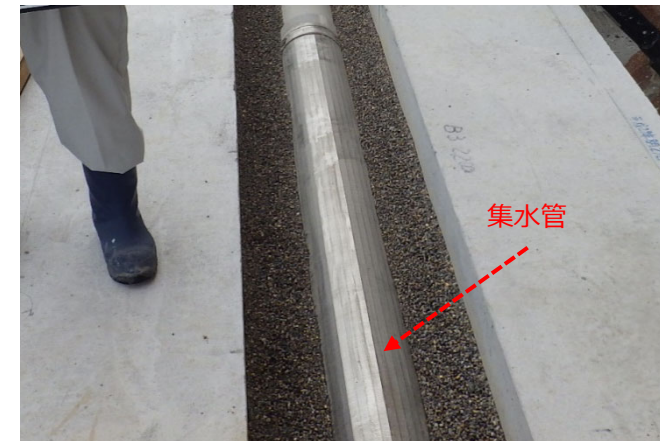
【参考】(5) 地下水排水設備に囲まれている建物 (地下水排水設備の設置状況)

■地下水排水設備の設置状況

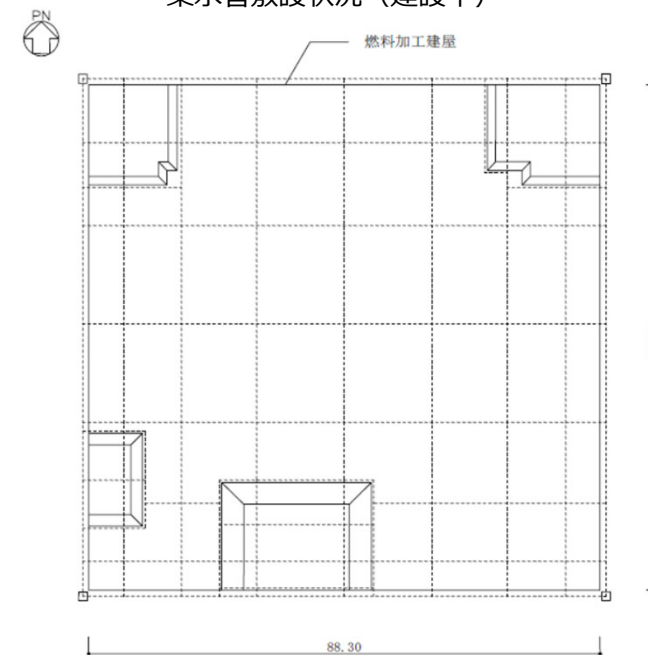
- 地下水排水設備は、建屋基礎底面以深に敷設した集水管及びサブドレン管にて集水した地下水を、サブドレンピット内部に設置した2台のサブドレンポンプにより排出する設備である。
- サブドレンピット内部には水位を監視する水位検出器を設置しており、水位レベルに応じてサブドレンポンプを作動させている。



水位レベルとポンプ運転モード概念図 (燃料加工建屋の例)



集水管敷設状況 (建設中)



サブドレン管の敷設図 (燃料加工建屋の例)

--- サブドレン
□ ピット

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(6) 地下水排水設備に囲まれている建物 (地下水排水設備の設計方針)

■地下水排水設備に期待する事項 (1/2)

- ▶ 地下水排水設備に囲まれている下表に示す建物は、耐震設計上、地下水位の低下を期待した評価を行っていることから、事業許可基準規則及び技術基準規則の各条項に基づく地下水排水設備の耐震設計上の扱いについて整理した。
- ▶ 地下水排水設備の機能に期待し、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している建物は、地下水排水設備について、基準地震動Ssに対して要求される機能を維持する設計とする。
- ▶ なお、下表において「地震(1.2Ss)」に「○」を付した建物は、地下水排水設備について、基準地震動を1.2倍した地震動に対して要求される機能を維持する設計とする。

<再処理施設>

建物	事業指定基準規則			技術基準規則			今回設工認における 地下水位の扱い
	7条	31条	33条	6条	33条	36条	
	地震(1.0Ss)		地震(1.2Ss)	地震(1.0Ss)		地震(1.2Ss)	
前処理建屋	○	○	○	○	○	○	地下水排水設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施。 ⇒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して設計 【凡例】 ○: 当該条項に適合するための設計の前提条件として、地下水排水設備による地下水位の低下を期待している建物・構築物 -: 当該条項に適合するための設計の前提条件として、地下水排水設備による地下水位の低下を期待していない建物・構築物
分離建屋	○	○	○	○	○	○	
精製建屋	○	○	○	○	○	○	
ハル・エンドピース貯蔵建屋	○	-	-	○	-	-	
制御建屋	○	○	○	○	○	○	
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	○	○	○	○	○	○	
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	○	○	○	○	○	○	
チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	○	-	-	○	-	-	
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	○	○	○	○	○	○	
非常用電源建屋	○	-	-	○	-	-	
高レベル廃液ガラス固化建屋	○	○	○	○	○	○	
第1ガラス固化体貯蔵建屋	○	○	○	○	○	○	
使用済燃料貯蔵施設用冷却水設備(B基礎)	○	-	-	○	-	-	
第1非常用ディーゼル発電設備用重油タンク室(基礎)	○	-	-	○	-	-	
燃料油貯蔵タンク(基礎)	○	-	-	○	-	-	
冷却塔A,B(基礎)	○	-	-	○	-	-	
緊急時対策建屋	○	○	○	○	○	○	
第1保管庫・貯水所	○	○	○	○	○	○	
第2保管庫・貯水所	○	○	○	○	○	○	
第1軽油貯槽(基礎)	-	○	○	-	○	○	
第2軽油貯槽(基礎)	-	○	○	-	○	○	
重油貯槽(基礎)	○	○	○	○	○	○	

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(7) 地下水排水設備に囲まれている建物 (地下水排水設備の設計方針)

■ 地下水排水設備に期待する事項 (2 / 2)

<MOX燃料加工施設>

建物	事業許可基準規則			技術基準規則			今回設工認における 地下水位の扱い
	7条	31条	33条	6条	27条	30条	
	地震 (1.0Ss)		地震 (1.2Ss)	地震 (1.0Ss)		地震 (1.2Ss)	
燃料加工建屋	○	○	○	○	○	○	地下水排水設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施。 ⇒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して設計

<廃棄物管理施設>

建物	事業許可基準規則		技術基準規則		今回設工認における 地下水位の扱い
	6条		6条		
	地震 (1.0Ss)		地震 (1.0Ss)		
ガラス固化体貯蔵建屋	○		○		地下水排水設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して耐震評価を実施。 ⇒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して設計
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	○		○		

<上位クラス施設等への波及的影響を考慮する施設>

建物	事業許可基準規則		技術基準規則		今回設工認における 地下水位の扱い
	7条(再), 31条(再), 6条(廃)		6条(再), 27条(再), 6条(廃)		
	地震(波及的影響)		地震(波及的影響)		
分析建屋	-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		地下水排水設備の効果を見込んだ地下水位を考慮して、上位クラス施設等に対する波及的影響の評価を実施。 ⇒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して設計
ウラン脱硝建屋	-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		
ウラン酸化物貯蔵建屋	-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		
低レベル廃棄物処理建屋	-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		
使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		-(Sクラス施設への波及的影響を考慮する建屋)		
ガラス固化体受入れ建屋	-(輸送容器の波及的破損を防止する建屋)		-(輸送容器の波及的破損を防止する建屋)		

【凡例】○: 当該条項に適合するための設計の前提条件として、地下水排水設備による地下水位の低下を期待している建物・構築物
 -: 当該条項に適合するための設計の前提条件として、地下水排水設備による地下水位の低下を期待していない建物・構築物

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(8) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物 (液状化による影響評価方針)

①地盤の剛性低下

<概要>

改良地盤の側方に分布する液状化対象層の剛性低下を考慮し、「液状化対象層が無いものと仮定した評価」により地盤改良範囲 (幅) が妥当であり、杭設計に影響を与えないことを以下により確認する。

<評価方針>

上部部構造物から杭に係る設計用水平力と基礎指針に基づく地盤改良体の塑性水平地盤反力を比較し、設計用水平力が塑性水平地盤反力に収まることを評価する。

a. 杭の諸元

杭径 : $B = 1.0\text{m}$ 地盤改良体の縁までの最短距離 : $R = 2.0\text{m}$

b. 設計用水平力

設計用水平力 : $F = 293\text{kN}$

c. 地盤改良体の塑性水平地盤反力

地盤改良体のせん断強度 (粘着強度) C_u

$q_u = 3.1[\text{N}/\text{mm}^2]$ (改良地盤調査結果の最小値)

$C_u = 0.5 \times q_u = 1.55[\text{N}/\text{mm}^2] = 1550[\text{kN}/\text{m}^2]$

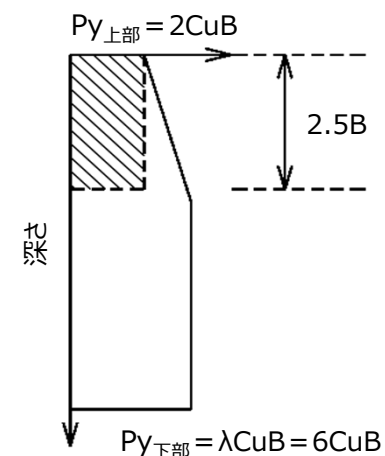
塑性水平地盤反力 P_y

$P_{y\text{上部}} = 2C_u B = 2 \times 1550 \times 1.0 = 3100[\text{kN}/\text{m}]$

$P_{y\text{下部}} = \lambda C_u B = 6 \times 1550 \times 1.0 = 9300[\text{kN}/\text{m}]$ ($\lambda = 3 \times R/B = 3 \times 2.0/1.0 = 6$)

深さ方向に対して P_y に増分はなく、 $2.5B$ までの深さまで一定値で杭に作用する水平力を負担すると仮定

$F_y = P_y \cdot 2.5B = 3100 \times 2.5 \times 1.0 = 7750[\text{kN}]$



概要図 塑性地盤反力

<検討結果>

上記を基に評価した結果、設計用水平力 F が地盤改良範囲を考慮した塑性水平地盤反力 F_y 内に収まることにより、地盤改良範囲 (幅) の設定が妥当であることを確認した。

$F/F_y = 293/7750 = 0.04$ OK

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(9) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物 (液状化による影響評価方針)

② 沈下・転倒 (液状化対象層が液体と仮定した評価)

<概要>

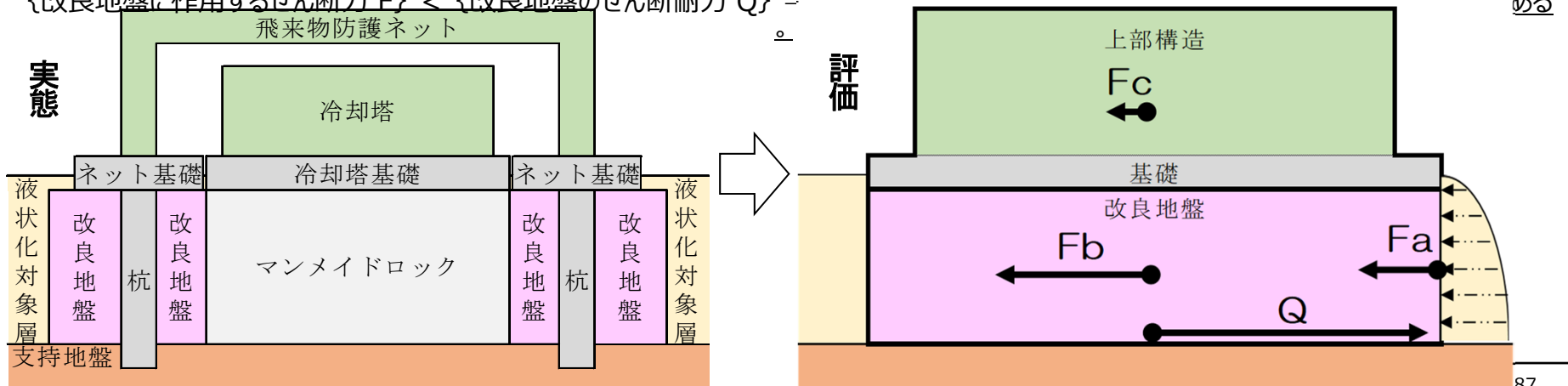
- ・飛来物防護ネットは、改良地盤及び支持地盤に支持されるため、直接的に液状化の影響を受けないが、地震により液状化対象層から改良地盤に側圧が作用し改良地盤の健全性が失われた場合、飛来物防護ネットの支持性能に影響を及ぼすため、液状化を考慮した改良地盤の健全性を評価する。
- ・改良地盤に作用する側圧は、埋戻土の比重の液体 (泥水) を想定し、より詳細な評価手法である有効応力解析による動水圧より安全側の評価となる「水道施設耐震工法指針」に示されるウェスタガード補正式により算定する。
- ・その他、地震時荷重として地震時慣性力及び上部構造から伝達される水平荷重を考慮する。

<評価方法>

- | | | |
|----|-----------------|--|
| Fa | : 液状化対象層による動水圧 | [静止土水圧 < 有効応力解析による動土水圧 < ウェスタガード補正式による動水圧] |
| Fb | : 地震時慣性力 | [改良地盤及びマンメイドロックの地震時慣性力] |
| Fc | : 上部建築物による水平荷重 | [飛来物防護ネット及び冷却塔の地震時水平荷重] |
| F | : 改良地盤に作用するせん断力 | [Fa + Fb + Fc] |
| Q | : 改良地盤のせん断耐力 | [改良地盤の粘性力 × 抵抗面積] |

<評価結果>

{改良地盤に作用するせん断力 F} < {改良地盤のせん断耐力 Q} = 安全である



3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(10) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物 (液状化による影響評価方針)

② 沈下・転倒 (液状化対象層が液体と仮定した評価)

Fa : 液状化対象層による土水圧

液状化対象層がすべて液体となったと仮定し、埋戻土の比重を用いてにより動水圧を算定する。

動水圧は、岩表面から地表面まで、一律最大値が作用する仮定として土水圧を算定する。

$$P = \beta \cdot 7/8 \cdot \gamma_b \cdot kh \cdot \sqrt{(H_a \cdot z)} = 1.00 \times 7/8 \times 18.3 \times 0.6 \times \sqrt{(18.5 \times 18.5)} = 178 \rightarrow 200 \text{ kN/m}^2$$

$$F_a = 180 \times B_a \times H_a = 200 \times 57.9 \times 18.5 = 214230 \text{ kN}$$

P : 動水圧
γ : 埋戻土の単位体積重量 (18.3 kN/m³)
H_a : 埋戻土の高さ (18.5 m)
Z_a : 該当部の深さ (H_aと同じとする)
B_a' : 動水圧分布を想定する幅 (∞)
β : 幅と水深による係数 (B'/H=∞の場合)
K_h : 水平震度 (0.6 G), S_s応答解析結果

Fb : 地震時慣性力

改良地盤・冷却塔用MMRを合算した重量に作用する地震時慣性力とする。

地盤改良体の平均単位体積重量は16.7 kN/m³であるが、慣性力算定用の単位体積重量(γ_a)は、保守的にMMRの数値24 kN/m³を採用する。

$$F_b = k_h \times W_b = 0.6 \times 1.01 \times 10^6 = 606000 \text{ kN}$$

Fc : 上部建築物による水平荷重

冷却塔及び飛来物防護ネット(上部構造+基礎)から支持地盤に伝達する水平荷重 F_cは各地震応答解析の結果より算定する。

$$F_c = (\text{冷却塔の地震時水平荷重}) + (\text{飛来物防護ネットの地震時水平荷重}) = 56220 + 33651 = 89871 \text{ kN}$$

F : 改良地盤に作用するせん断力

$$F = F_a + F_b + F_c = 214230 + 606000 + 89871 = 910101 \text{ kN}$$

Q : 改良地盤のせん断耐力

評価対象とする改良地盤の粘着強度 C_uは1.55 [N/mm²]、地盤改良体の試験結果による一軸圧縮強度 q_u (3.1 [N/mm²])、C_u = 0.5 × q_u

安全側の評価となるよう、改良地盤内部のMMRを地盤改良とみなして地盤改良体外形で囲まれる底面積(A_s)でせん断力耐力Qを算定

$$A_s = 46.0 \times 57.9 - 6.7 \times 2.0 = 2650 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$Q = C_u \times A_s = 1.55 \times 10^3 \times 2650 = 4107500 \text{ [kN]}$$

<評価結果>

改良地盤のせん断力耐力Qは改良地盤に作用する水平力Fより大きく、4倍以上の裕度を有している。

液状化を考慮した動水圧、その他地震荷重を考慮した場合でも、地盤改良体の健全性は確保される。

$$Q / F = 4107500 / 910101 = 4.5$$

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(11) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（液状化による影響評価方針）

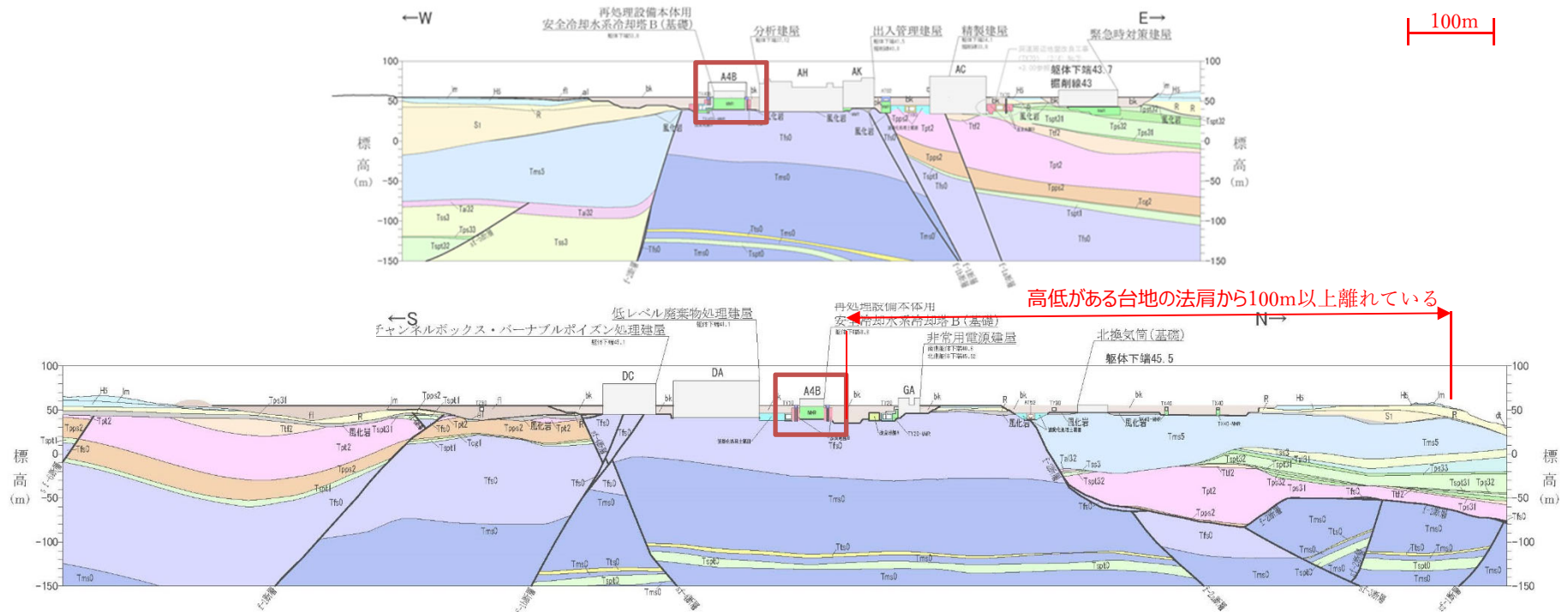
③ 側方流動

＜評価方法＞

側方流動の影響については、「道路橋示方書」の記載を参考に「液状化対象層の水平方向の連続性を考慮した上で、高低がある台地の法肩から100m以上の離隔があるか否か」を判断基準とする。

＜評価結果＞

飛来物防護ネットが設置される支持地盤が高低がある台地の法肩から100m以上の離隔があるため、液状化に伴う側方流動による施設への影響はない。また、対象施設周辺は液状化により影響を受けない建物・構築物により液状化対象層が変形抑制され側方流動の影響を受けにくい配置であることも確認した。



飛来物防護ネットの設置状況

3. 技術的内容に係る説明 ②建物・構築物の設計用地下水位の設定

【参考】(12) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物 (液状化による影響評価方針)

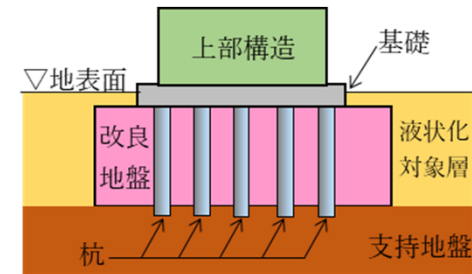
④ 浮上り

<評価方法>

評価対象施設の下方に液状化対象層がないことを確認する。

<評価結果>

杭基礎と支持する改良地盤は杭の周面摩擦により引抜き作用時に抵抗できるため
 飛来物防護ネットと改良地盤は一体であると考えられ、液状化対象層は改良地盤の
 底部より下に存在しないため、液状化対象層による浮力は作用しないことから、浮上りの可能性はない。



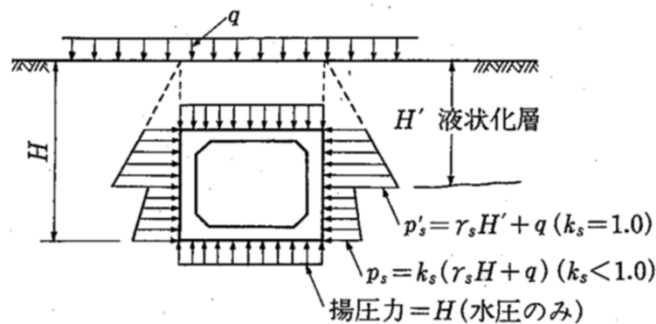
<補足事項>

「トンネル標準示方書」においては、液状化層の位置が評価対象の底面より上にある場合と下にある場合とで作用荷重が2パターンに分類される。

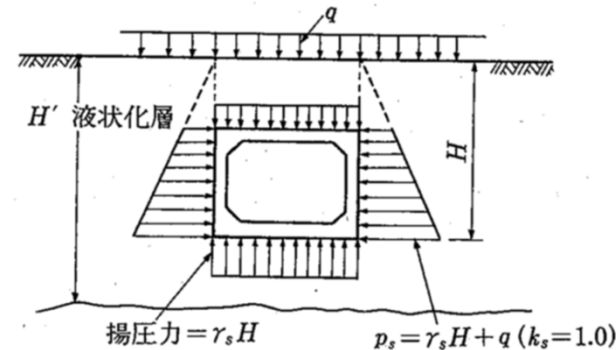
下図 (a) のように液状化層が評価対象の底面より上にある場合には、「液状化層中の評価対象側壁には水を含む土の単位体積重量 γ_s に対し、土圧係数 $k_s=1.0$ とする泥水圧が働く」と記載されており、評価対象底面に揚圧力として静水圧のみを考慮すれば良い。

下図 (b) のように液状化層が評価対象底面の下にある場合には、「評価対象底面までの土と水の重量に相当する揚圧力が生じることになる」と記載されている。このケースにおいては評価対象底面に揚圧力として泥水圧を考慮する必要がある。

評価対象が岩盤に設置されている場合は、評価対象の底部より下に液状化対象層が存在しないため、泥水圧による浮力の考慮は不要と考えることができる。



(a) 液状化層がトンネル底面より上の場合



(b) 液状化層がトンネル底面より下の場合

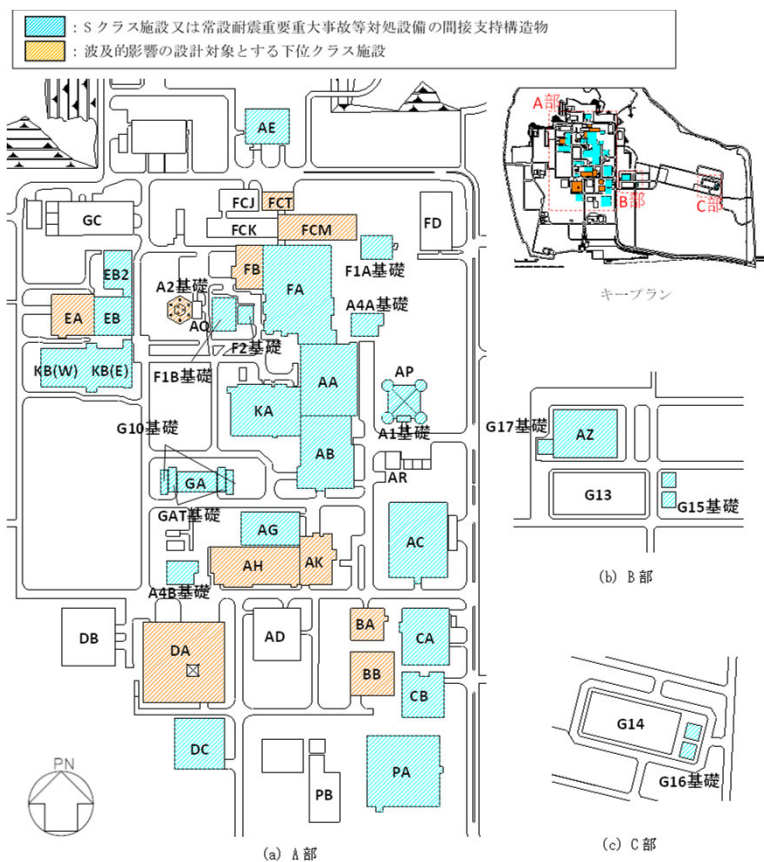
③ 隣接建屋の影響

参考資料

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 【参考】再処理施設等の建物・構築物の隣接状況

■ 再処理施設等の建物・構築物の隣接状況

▶ 当社事業所は、再処理施設等の建物・構築物が互いに隣接して配置される構成となっているが、建物・構築物の地震応答解析においては、隣接建屋の影響は考慮しておらず、構造毎に独立して構築した解析モデルを用いている。



建物・構築物名称		建物・構築物名称	
前処理建屋	AA	使用済燃料輸送容器管理建屋 (除染エリア)	FC (FCJ)
分離建屋	AB	使用済燃料輸送容器管理建屋 (空使用済燃料輸送容器保管庫)	FC (FCK)
精製建屋	AC	使用済燃料輸送容器管理建屋 (使用済燃料収納使用済燃料輸送容器保管庫)	FC (FCM)
低レベル廃液処理建屋	AD	使用済燃料輸送容器管理建屋 (トレーエリア)	FC (FCT)
ハル・エンドピース貯蔵建屋	AE	第1低レベル廃棄物貯蔵建屋	FD
制御建屋	AG	安全冷却水系冷却塔A (基礎)	F1A基礎
分析建屋	AH	安全冷却水系冷却塔B (基礎)	F1B基礎
出入管理建屋	AK	第1非常用ディーゼル発電設備用重油タンク室 (基礎)	F2基礎
主排気筒管理建屋	AP	非常用電源建屋	GA
北換気筒管理建屋	AQ	燃料油貯蔵タンク基礎	GAT基礎
試薬建屋	AR	ユーティリティ建屋	GC
緊急時対策建屋	AZ	冷却塔A, B (基礎)	G10基礎
主排気筒 (基礎)	A1基礎	第1保管庫・貯水所	G13
北換気筒 (基礎)	A2基礎	第2保管庫・貯水所	G14
安全冷却水A冷却塔 (基礎)	A4A基礎	第1軽油貯蔵所 (基礎)	G15基礎
安全冷却水B冷却塔 (基礎)	A4B基礎	第2軽油貯蔵所 (基礎)	G16基礎
ウラン脱硝建屋	BA	チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	DC
ウラン酸化物貯蔵建屋	BB	重油貯蔵所 (基礎)	G17基礎
ウラン・プルトニウム混合脱硝建屋	CA	ガラス固化体受入れ建屋	EA
ウラン・プルトニウム混合酸化物貯蔵建屋	CB	高レベル廃液ガラス固化建屋	KA
低レベル廃棄物処理建屋	DA	第1ガラス固化体貯蔵建屋東棟	KB(E)
第2低レベル廃棄物貯蔵建屋	DB	第1ガラス固化体貯蔵建屋西棟	KB(W)
チャンネルボックス・バーナブルポイズン処理建屋	DC	使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	PA
ガラス固化体受入れ建屋	EA	使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	PB
ガラス固化体貯蔵建屋	EB		
ガラス固化体貯蔵建屋B棟	EB2		
使用済燃料受入れ・貯蔵建屋	FA		
使用済燃料受入れ・貯蔵管理建屋	FB		

注記：評価対象建屋に隣接する施設として、洞道も考えられるが、洞道は建屋と比較して重量が著しく小さいことから、評価対象建屋の応答に与える影響は無いと判断している。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 【参考】検討用モデル（地盤3次元FEMモデル）の概要

■ 検討用モデル

評価対象	隣接モデル	単独モデル※
燃料加工建屋		
安全冷却水塔冷却塔（基礎）		

※：単独モデルにおいて、隣接建屋部分については、周辺の支配的な地盤を拡張している。

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

【参考】地盤3次元FEMモデルを用いた地震応答解析の解析条件

■解析条件（燃料加工建屋，安全冷却水B冷却塔（基礎）共通）（1/2）

➤ 地震応答解析の解析条件については，先行発電炉の実績を参考に，下表のとおり設定した。

分類		解析条件の設定方法	【参考】 先行発電炉の実績 (柏崎刈羽7号機)	
検討用モデル	モデル 建屋	構成要素	・質点系モデル	・同左
		諸元	・地震応答計算書に示す解析モデルの諸元 ・弾性設計用地震動Sdを用いた検討のため，部材の非線形特性は考慮しない	・同左
	モデル 地盤	構成要素	・ソリッド要素	・同左
		諸元	・地震応答計算書に示す水平成層地盤の諸元 (ひずみ依存特性を考慮した収束物性値) ・ただし，建屋周辺の地盤改良の状況を，実態に即して考慮	・同左
		減衰	・レーリー減衰（基準振動数は，評価対象建屋の基礎底面及び地表面レベルの地盤の 応答が，一次元波動論に基づき算定した地盤の応答と一致するように設定）	・同左
		境界条件	・底面：粘性境界 ・側面：粘性境界かつ繰り返し境界	・同左
		モデル化領域	・平面領域：粘性境界付近での解析精度の低下が，評価対象建屋の応答に与える影 響を低減させるために，評価対象である各建屋の基礎底面に比べて地盤モデルの平面 サイズを十分に大きく設定（約3倍以上）※1 ・深さ方向：解放基盤表面～地表面の領域をモデル化	・同左
		メッシュ分割	・水平：建屋近傍は細かく分割 ・深さ方向：地盤のS波速度Vsに対応する波長の1/5以下を目安として設定※1	・同左

※1：原子力発電所耐震設計技術指針JEAG4601-1991((社)日本電気協会)に基づく

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

【参考】地盤3次元FEMモデルを用いた地震応答解析の解析条件

■解析条件（燃料加工建屋，安全冷却水B冷却塔（基礎）共通）（2/2）

➤ 地震応答解析の解析条件（燃料加工建屋，安全冷却水B冷却塔（基礎）共通）については，先行発電炉の実績を参考に，下表のとおり設定した。

分類		解析条件の設定方法	【参考】 先行発電炉の実績 (柏崎刈羽7号機)	
検討用モデル	建屋―地盤間の境界条件	基礎底面 ― 底面地盤	・構造物の基礎底面は剛体として考慮し，浮き上がりは考慮せず完全固着（基礎底面と支持地盤が同一に挙動するように結合）	・同左
		建屋側面 ― 側面地盤	・建屋側面地盤ばねを設定している部分：建屋質点と同じ高さの地盤節点（1 FLの建屋質点は地表面）について，水平方向に対しては同一挙動するように結合することで，埋込み効果を考慮（鉛直方向は，建屋質点と地盤節点が独立して挙動する） ・建屋側面地盤ばねを設定していない部分：側面地盤との結合は行わず，埋込み効果は考慮しない	・同左
その他	時刻歴応答解析の条件		・線形解析 （隣接建屋の影響程度の把握を主たる検討目的としていることから，材料の非線形特性による影響を受けないう，弾性設計用地震動Sdを用いた検討とするため）	・同左
	検討用地震動	地震動の選定	・弾性設計用地震動Sdのうち，卓越周期に著しい偏りがなく，継続時間が長いSd-A	・選定の考え方は同左
		入力方法	・評価対象建屋の基礎下位置における自由地盤の応答が，一次元波動論による応答計算と等価となるような地震動を，地盤3次元FEMモデルの底面に入力	・同左
		入力方向	・NS方向及びEW方向	・同左

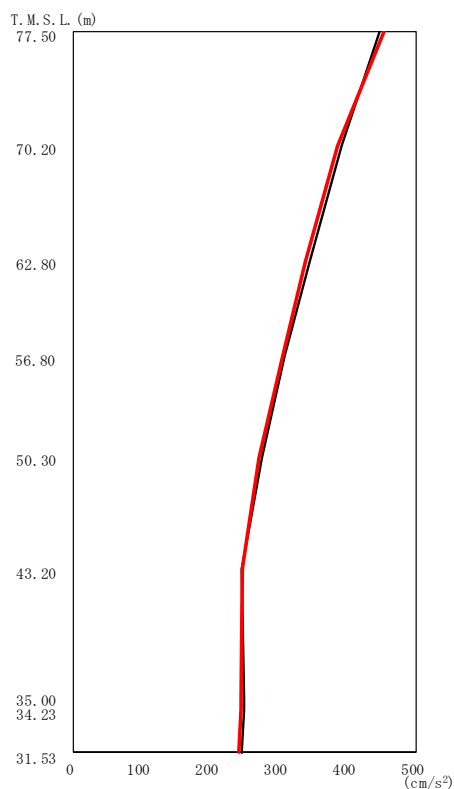
3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

【参考】地盤3次元FEMモデルを用いた地震応答解析の結果

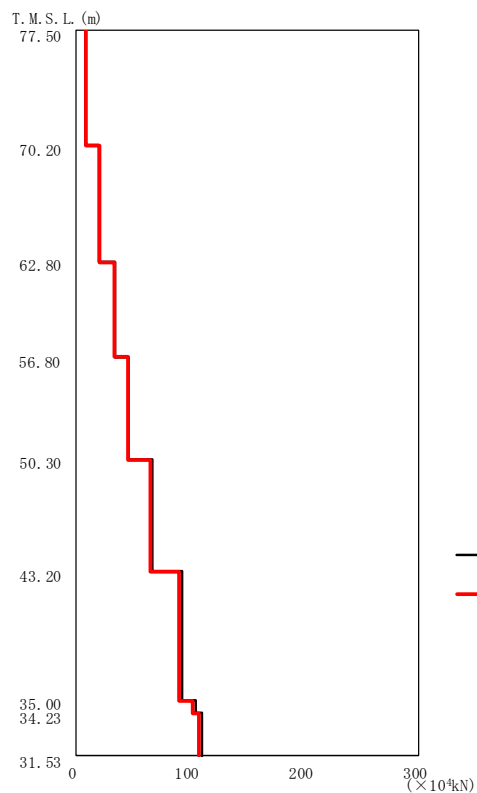
■ 地震応答解析結果 : 燃料加工建屋の最大応答値 (NS方向)

建屋の並び方向への加振時

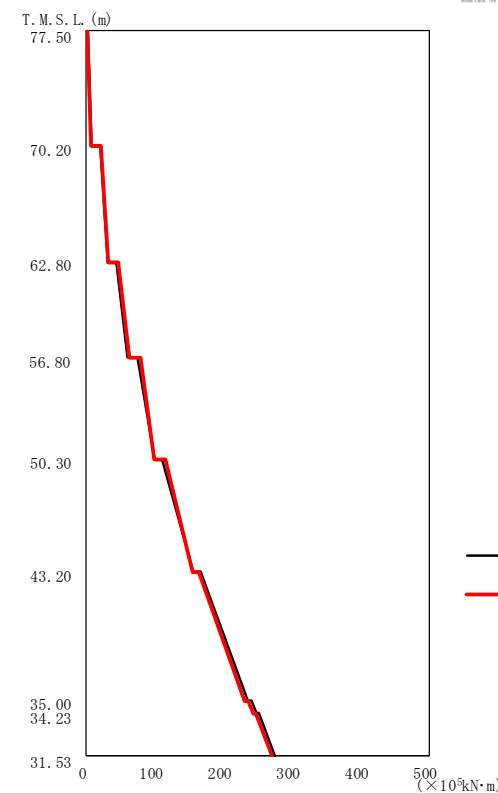
- 隣接建屋の影響を考慮した場合と建屋単独の場合の結果と比較すると、最大応答値についてはほぼ整合しているが、応答比率（隣接モデル/単独モデル）が1を超える部分が存在することから、応答比率を用いた影響検討を行う。



(a) 最大応答加速度



(b) 最大応答せん断力



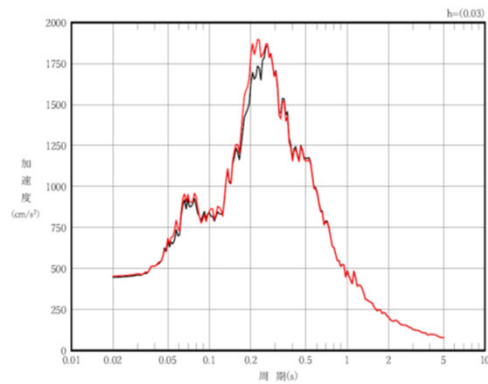
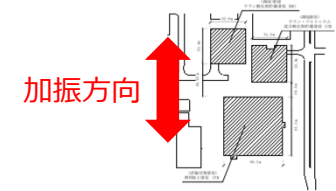
(c) 最大応答曲げモーメント

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

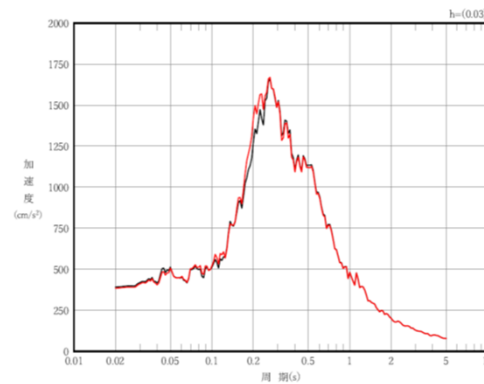
【参考】地盤3次元FEMモデルを用いた地震応答解析の結果

■地震応答解析結果：燃料加工建屋の加速度応答スペクトル（NS方向）（1/2）

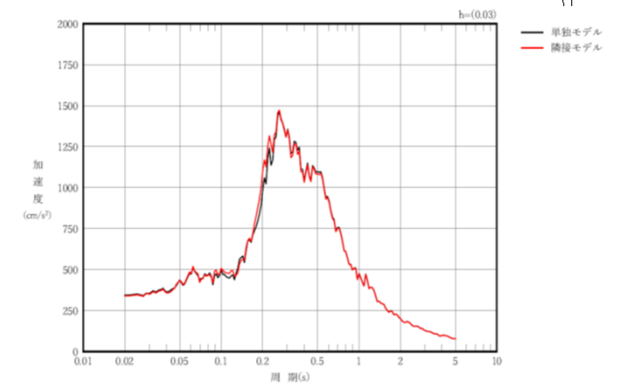
建屋の並び方向への加振時



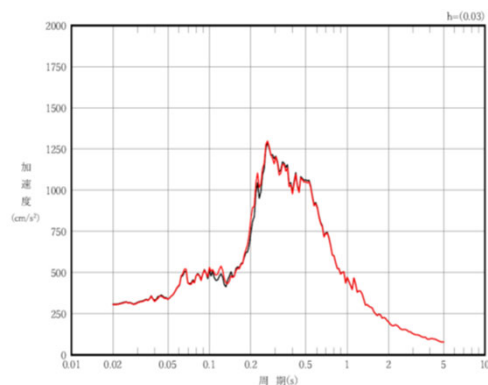
(a) T.M.S.L.77.50m



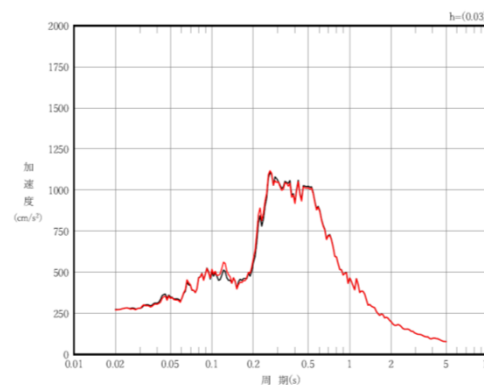
(b) T.M.S.L.70.20m



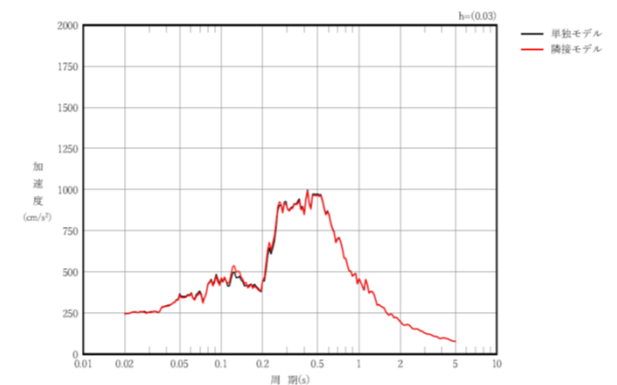
(c) T.M.S.L.62.80m



(d) T.M.S.L.56.80m



(e) T.M.S.L.50.30m



(f) T.M.S.L.43.20m

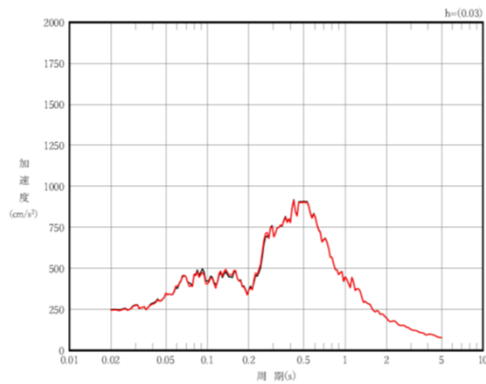
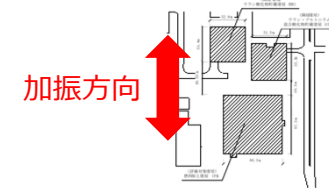
⇒ (2/2) へ続く

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

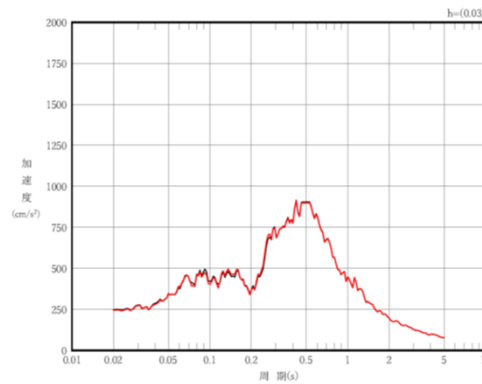
【参考】地盤 3次元FEMモデルを用いた地震応答解析の結果

■ 地震応答解析結果 : 燃料加工建屋の加速度応答スペクトル (NS方向) (2/2)

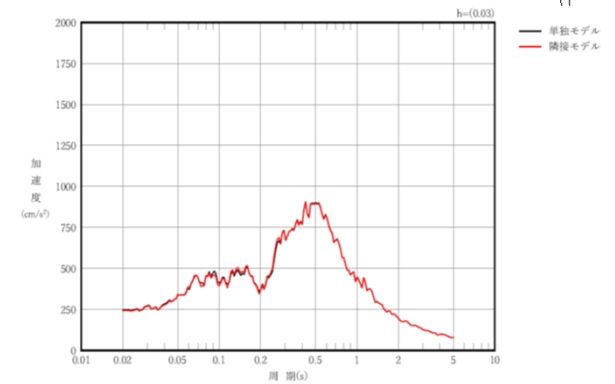
建屋の並び方向への加振時



(g) T.M.S.L.35.00m



(h) T.M.S.L.34.23m



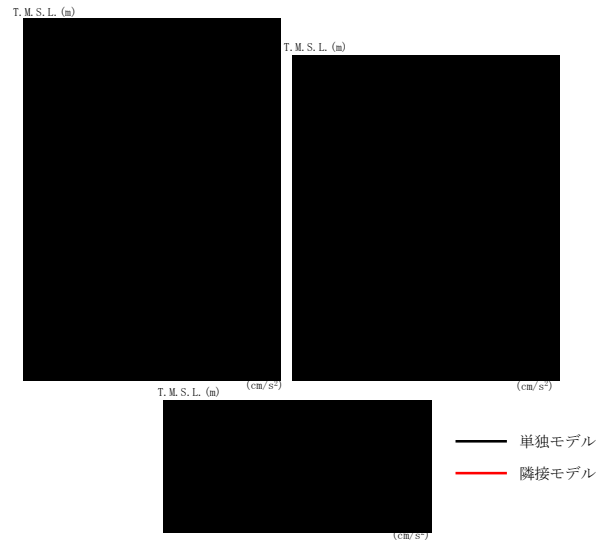
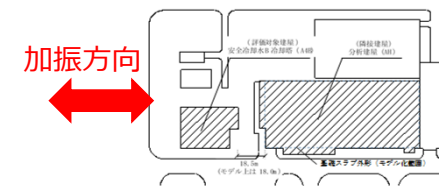
(i) T.M.S.L.31.53m

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

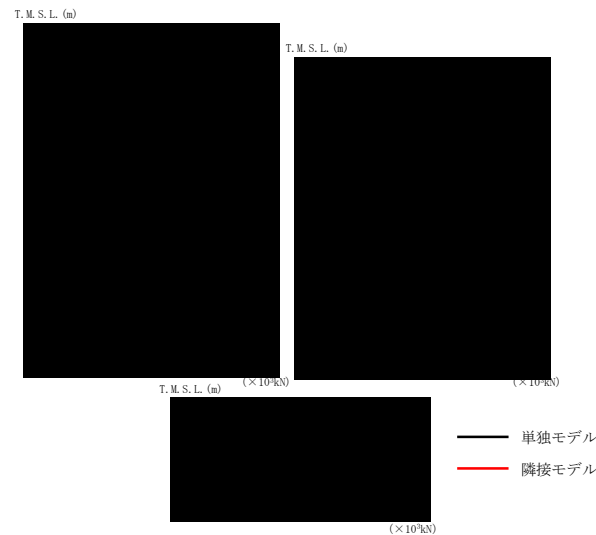
【参考】地盤3次元FEMモデルを用いた地震応答解析の結果

■ 地震応答解析結果 : 安全冷却水B冷却塔 (基礎) の最大応答値 (EW方向)

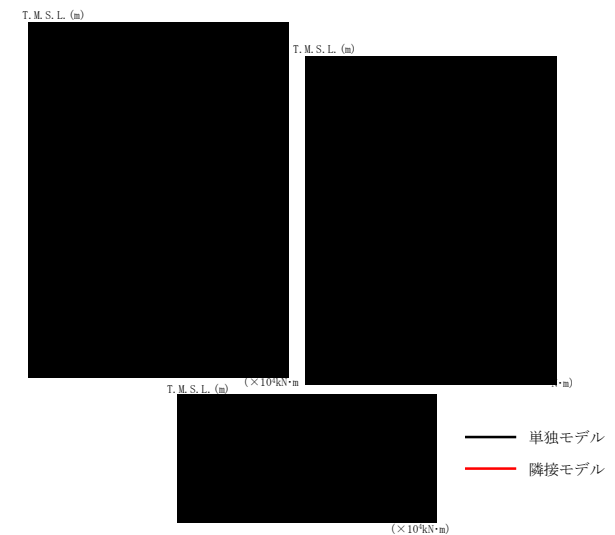
建屋の並び方向への加振時



(a) 最大応答加速度



(b) 最大応答せん断力



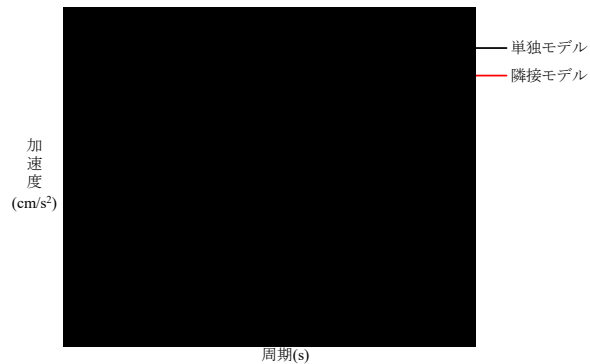
(c) 最大応答曲げモーメント

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

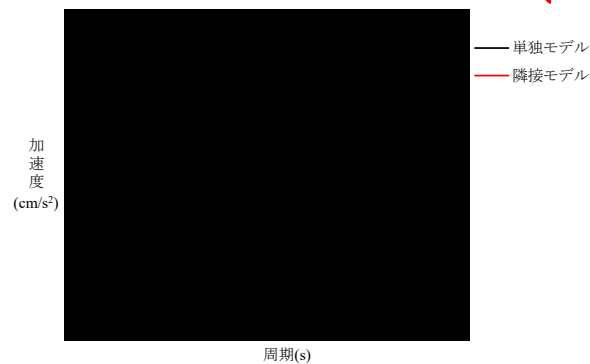
【参考】地盤3次元FEMモデルを用いた地震応答解析の結果

■ 地震応答解析結果 : 安全冷却水B冷却塔の加速度応答スペクトル (EW方向)

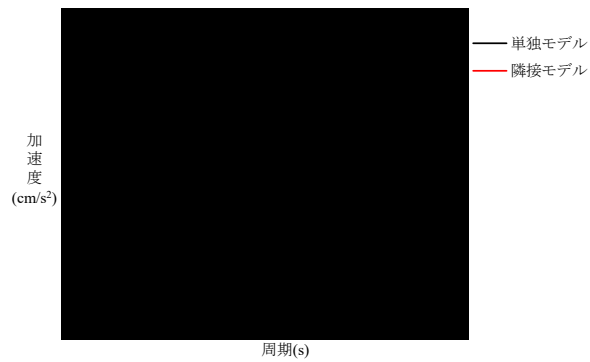
建屋の並び方向への加振時



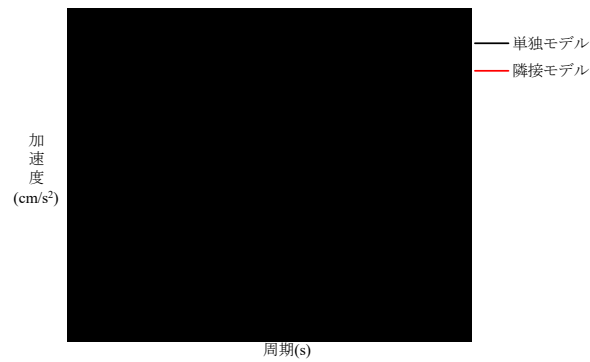
(a) T.M.S.L. [redacted] m



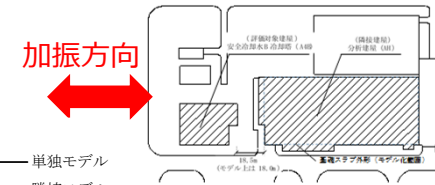
(b) T.M.S.L. [redacted] m



(c) T.M.S.L. [redacted] m



(d) T.M.S.L. [redacted] m



3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響

【参考】検討対象部位

■ 検討対象部位（燃料加工建屋，安全冷却水B冷却塔（基礎）共通）

- 各計算書において耐震評価結果を示す部位としては，耐震壁，地盤（接地圧），基礎スラブ，Sクラスの壁及び床※¹，屋根鉄骨及び屋根トラスが存在する。
- **検討対象部位**は，各計算書において耐震評価結果を示す部位のうち，**水平方向の地震力の影響を受ける部位**とする。
具体的には，**耐震壁，地盤（接地圧），基礎スラブ，Sクラスの壁及びプールの床，屋根鉄骨及び屋根トラス**として
いる。
- 検討対象部位ではないSクラスの床※²については，鉛直方向の地震荷重により部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認することで，構造強度，機能維持の確認が可能であり，水平方向の地震荷重は組み合わせた評価を行っていない。

※¹：セル壁及び床，貯蔵区域の壁及び床，受入れ室の壁及び床，貯蔵室等の壁及び床，検査室の壁及び床，重要区域の壁及び床，プールの壁及び床

※²：Sクラスの床のうちセル床，貯蔵区域の床，受入れ室の床，貯蔵室等の床，検査室の床及び重要区域の床

3. 技術的内容に係る説明 ③ 隣接建屋の影響 【参考】応答比率の設定方法

検討対象部位毎の応答比率の設定

検討対象部位	検討項目	応答比率（隣接モデル/単独モデル）の算定に考慮する応答成分
耐震壁	各層のせん断ひずみ	各層の ・最大応答せん断力
地盤（接地圧）	接地圧	基礎スラブ下端の ・最大応答曲げモーメント
基礎スラブ	基礎スラブに生じる断面力	基礎スラブ直上の部材の ・最大応答せん断力 ・最大応答曲げモーメント （両者の応答比率のうち大きい方を採用）
Sクラスの壁及びプールの床	鉄筋量	Sクラスの壁及び床が位置する要素における ・最大応答せん断力 ・最大応答曲げモーメント （両者の応答比率のうち大きい方を採用）
屋根鉄骨及び屋根トラス	部材に生じる断面力	柱脚部※4レベルの ・最大応答加速度

※4：屋根鉄骨及び屋根トラスの評価は、屋根鉄骨及び屋根トラスを支持する柱部材までモデル化した立体フレームモデルへの入力地震動として、柱脚部の時刻歴応答加速度を用いている。

3. 技術的内容に係る説明

(耐震：機器・配管系)

- 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

3. 技術的内容に係る説明 論点に対する説明状況：耐震（機器・配管系）

【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Sd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Sd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"> 影響確認として、従来の水平1方向と鉛直地震力の組合せによる評価に対し、水平2方向による地震力と鉛直地震力の組み合わせによる影響評価の考え方について示す。 設備形状の違いにより、物理的な振動を受ける方向（以下、「応答軸」という。）が異なるため、設備ごとに形状に応じた水平2方向地震力に対する影響有無の確認に対する考え方を示す。 類型化の分類に対する水平2方向影響の関係性について、類型化分類を影響が類似する形状ごとに整理した結果を示す。

3. 技術的内容に係る説明 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 (1) 影響検討方針

■ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに対する影響評価

- ▶ 水平2方向及び鉛直方向地震力の組み合わせに対する影響については、新規基準において新たに要求されたものであり、実施内容としては「再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 別記2」に基づき、水平2方向及び鉛直方向地震力を組み合わせた場合の従来評価に対する影響（以下、「水平2方向影響」という。）評価を行う。

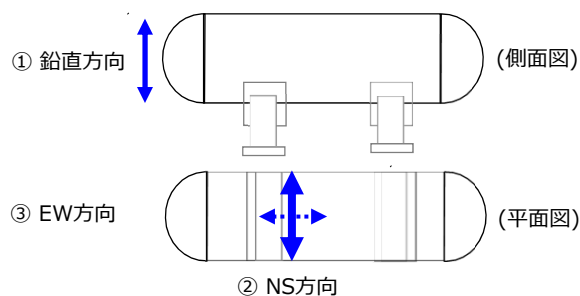
■ 影響検討方針

- ▶ 従来評価では、水平方向として2方向（NS方向及びEW方向）の地震力のうち大きい方又は包絡した地震力の1方向と鉛直方向地震力を組み合わせた評価（以下、「従来評価」という。）を行っていたが、水平2方向影響の評価では、水平2方向と鉛直方向地震力の3方向地震力の組み合わせによる評価を行う。

<評価イメージ>

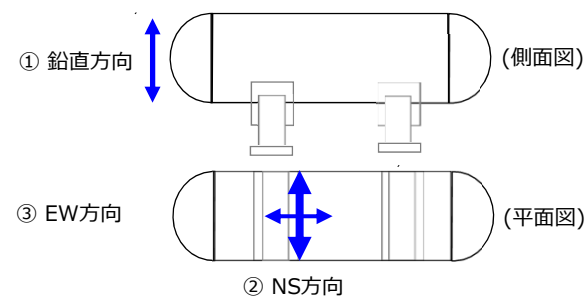
✓ 従来評価

地震力の組み合わせ：①+(② or ③)



✓ 今回の評価

地震力の組み合わせ：①+②+③



- ▶ 水平2方向に対する影響は、設備形状によって物理的な振動が生じる方向（応答軸）が異なることにより影響の有無に違いが生じるため、設備形状に応じた確認を行い、実施方法としては基本方針上の評価方針ごとに行う。その場合の分類数としては機器・配管系の57分類が対象となる。
- ▶ 水平2方向影響の有無の確認の結果、影響有の設備については従来評価に加え水平2方向影響の評価、影響無（影響軽微と見なせる）の設備については従来評価を行う。

3. 技術的内容に係る説明 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 (2) 影響検討実施内容

■ 影響検討実施内容

- ① 水平2方向影響の確認に当たっては、基本方針の計算式の分類を基に、分類内の設備、評価部位ごとに行った（分類数としては、類型化と同一）。
- ② 各設備に対する水平2方向影響の確認としては、応答軸及び応力が増加する形状か否かについて確認した。
- ③ これらの確認を行い、水平2方向影響評価要否の判断を行った。
- ④ 本確認結果については、設備の形状により物理的な挙動が同傾向となることから、影響が類似する形状ごとにグループ化を行った。

<機器（定型式）の評価イメージ>

影響が類似する形状	設備		水平2方向の影響評価要否			
	類型化の分類	評価部位	地震力が重複する形状	振動モードによりねじれ振動が生じる形状	水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状	要否
④ (1)	① 別添-11	胴板	○	×	○	要
		ボルト	○	×	○	要
	別添-33	胴板	○	×	○	要
		ボルト	○	×	○	要
(2)	別添-2	胴板	×	×	×	否
		ボルト	×	×	×	否
	別添-3	胴板	×	×	×	否
		ボルト	×	×	×	否

※ 本対応を実施した内容について参考を示す。

3. 技術的内容に係る説明 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 (3) 影響検討結果

■ 影響検討結果

- 影響が類似する形状ごとのグループ数としては14形状となり、そのうち、水平2方向の影響有りの形状は6形状となる。
- 水平2方向の影響を受ける6形状の類型化分類の内訳は、57分類中、以下の11分類が該当し、その他の分類については影響軽微であることを確認した。
 - ✓ 機器（定型式）7分類：別添－4,11,13,33,49,53,54
 - ✓ 機器（FEM）3分類：FEM11,12,16
 - ✓ 配管（多質点解析）
- 影響有となる11分類に該当する設備については、従来評価に加え水平2方向の影響評価結果に対する結果を示す。設工認における評価結果の示し方を以下に示す。

■ 水平2方向影響に対する設工認上の扱い

- 影響評価結果は類型化の各分類の代表設備に示し、代表設備の選定に当たっては応力比が大きい設備を選定する。
- 水平2方向の影響評価を実施する設備の結果は、従来評価結果と水平2方向影響に対する評価結果を設工認 添付書類に示す。

従来評価結果：設工認 添付書類 耐震性に関する計算書「再処理設備本体等に係る耐震性に関する計算書」※

水平2方向影響に対する評価結果：設工認 添付書類 耐震性に関する計算書「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せ評価対象設備の組合せに関する影響評価結果」

※水平2方向の影響が軽微な設備の結果は、従来評価結果にて示す。

3. 技術的内容に係る説明 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

<参考> 機器・配管系の耐震評価における水平2方向入力の影響評価対象設備の抽出結果【抜粋】

・水平2方向の影響について、設備の分類ごとに整理した結果を示す。

水平2方向影響が類似する形状ごとの整理	設備			部位	応力分類	(1) 水平2方向の地震力が重複する形状		(2) 水平2方向の振動モードによりねじれ振動が生じる形状	(3) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せにより応力が増化する形状(応答軸が明確)	影響評価の要否(1)または(2)で影響があり且つ(3)でも影響がある場合は影響評価を実施			
						○:影響あり ×:影響軽微	影響軽微とした理由 A:水平2方向の地震力を受けた場合でも、構造により水平1方向の地震力しか負担しないもの B:水平2方向の地震力を受けた場合、構造により最大応力の発生箇所が異なるもの C:水平2方向の地震を組み合わせても1方向の地震による応力と同等といえるもの -:影響有						
① スカート型設備	1	別添-4.(5)	スカート支持たて置円筒形容器	胴板、スカート	一次応力	×	B	ねじれ振動の発生有 無 ○:発生する ×:発生しない	○:応答軸が明確ではない ×:応答軸が明確	○:影響評価を実施 ×:影響軽微			
					一次+二次応力	×	B						
				基礎ボルト	引張	×	B						
					せん断	○	-						
組合せ	○	-											
② 平底型設備	2	別添-11.(28)	平底たて置円筒形容器	胴板	一次応力	×	B	×	○	×			
					一次+二次応力	×	B						
				基礎ボルト	引張	×	B						
					せん断	○	-						
	組合せ	○	-										
	5	FEM-12	たて型回転容器	胴板	一次応力	×	B				×	○	×
					一次+二次応力	×	B						
				基礎ボルト	引張	×	B						
せん断					○	-							
組合せ	○	-											
6	FEM-11	フランジ固定容器	胴板	一次応力	×	B	×	○	×				
				一次+二次応力	×	B							
			基礎ボルト	引張	×	B							
				せん断	○	-							
組合せ	○	-											
⑤ 横形ポンプ、非常用ディーゼル機関・発電機、ファン類	32	別添-7.(8)	横軸ポンプ	基礎ボルト、取付ボルト	引張	×				A	×	×	×
					せん断	○				-			
	33	別添-50	ディーゼル機関・発電機	基礎ボルト、取付ボルト	引張	×				A			
					せん断	○	-						

4. 技術的内容に係る説明

(外部衝撃による損傷の防止)

4. 1 主な説明項目

- 外部衝撃による損傷の防止に係る主な説明項目について以下に示す。

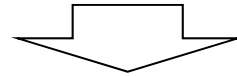
主な説明項目		説明内容	説明予定	
①	竜巻	飛来物防護ネットの健全性について	<ul style="list-style-type: none"> 防護ネットの構造及び評価の考え方を整理し、飛来物に対する防護設計について説明を実施。 防護板に関する設計の考え方について、説明が不足していたことから、説明する。 	本日説明 (4/27審査会 合コメント)
②				
		空気密度による強度評価への影響について	<ul style="list-style-type: none"> 設計竜巻荷重の設定において考慮する空気密度については、低温による密度増加の影響は小さく、現状の考慮している空気密度で問題ないことを確認した。 	3/15説明済
③	竜巻・火山	許容限界の考え方について	<ul style="list-style-type: none"> 許容限界の設定について機能維持の観点からⅢ_ASを採用することとした。 	3/15説明済
④	外部火災	航空機墜落火災に対する影響評価について	<ul style="list-style-type: none"> 航空機墜落火災に対する設計の基本的な考え方について説明を実施。 防護対策の設計内容について、詳細を説明する。 	本日説明 (5/25審査会 合コメント)

4. 3 飛来物防護ネットの健全性（1/7）

■ 前回審査会合における説明状況

■ 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

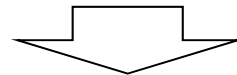
- 審査会合（令和3年4月27日）で、防護板が飛来物の貫通を防止するための、貫通限界厚さの算出にBRL式を用い、等価直径の設定に最新知見の結果が適用できることを説明。



- 最新知見の結果が135kgの設計飛来物にも適用できることの説明が不足していたため、適用可能であることを全体の説明を通して説明する。

■ 飛来物防護ネットの構造と評価項目について

- 審査会合（令和3年4月27日）において飛来物防護ネットの基本的な構造と評価方針について説明を行った。



- 防護板や補助防護板を中心とした詳細構造が不足していたため、詳細構造を示すとともに防護ネット、防護板及び補助防護板のそれぞれの設計の考え方、構造、評価について説明する。

4. 3 飛来物防護ネットの健全性 (2/7)

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

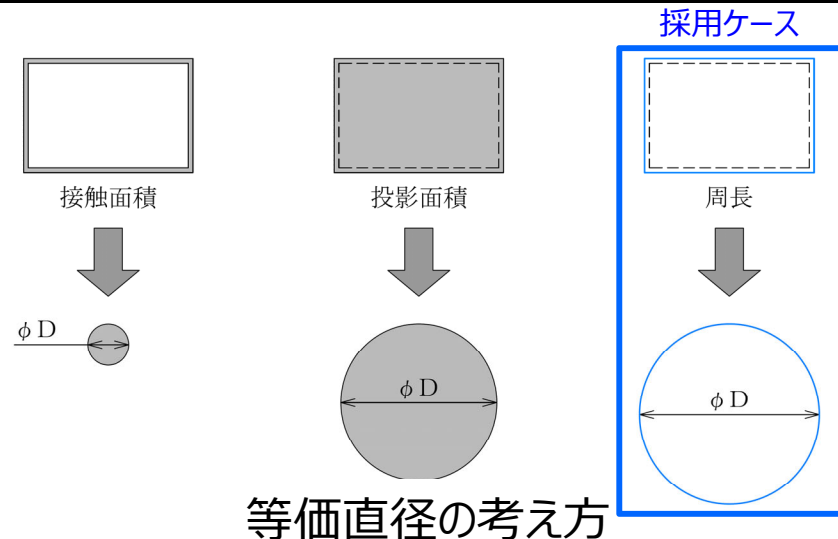
■ BRL式の等価直径Dの考え方

- 防護板は、設計飛来物の貫通を防止するため、貫通限界厚さを上回る板厚を確保する設計としている。
- 貫通限界厚さの算出には、先行電力でも採用実績があるBRL式を用いる。
- 最新知見（電中研報告O19003（2019年11月））で以下のことが確認されている。
 - 衝突部面積の相違が鋼板の貫通／非貫通に与える影響は小さい。
 - 飛来物の速度（30～70m/s）、質量（6～11.5kg）の範囲でBRL式は保守的な評価を与える。
 - 周長が等価な円の直径を入力したBRL式の評価結果は、多角形飛来物に対しても鋼板の対貫通性能を保守的に評価できる。
- 防護板の設計では最新知見の考え方を適用し、BRL式に入力する飛来物衝突部の等価直径を設計飛来物の断面の周長と等価となる直径としている。
- 最新知見の試験体は設計飛来物と質量が異なることから、最新知見の設計飛来物への適用性について次頁に示す。

<BRL式>

$$T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5mv^2}{1.4396 \times 10^9 \cdot K^2 \cdot D^{\frac{3}{2}}}$$

- T: 貫通限界厚さ (m)
- D: 飛来物が衝突する衝突断面の等価直径 (m)
- K: 鋼板の材質に関する係数
- m: 飛来物の質量 (kg)
- v: 飛来物の速度 (m/s)

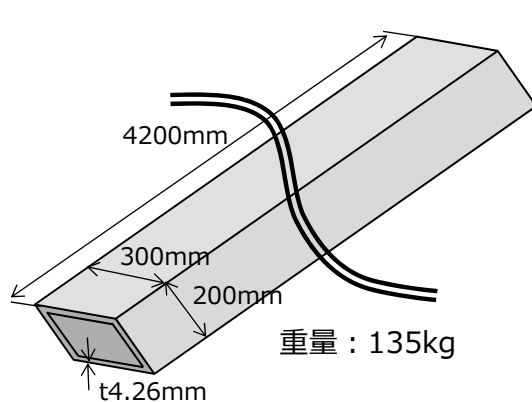


4. 3 飛来物防護ネットの健全性 (3 / 7)

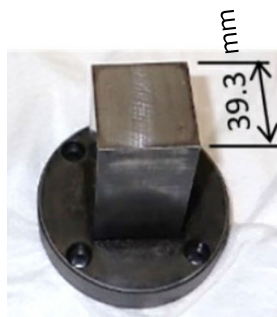
防護板の必要板厚を設定するBRL式の直径Dの設定の妥当性

最新知見を設計飛来物に適用することの考察

- 最新知見の等価直径の考え方は、以下のことから質量の異なる設計飛来物へ適用可能である。
 - 最新知見（電中研報告O19003）では、飛来物の質量を変化させた場合でも、試験結果に有意な差はなく、周長が等価な円の直径をBRL式に入力した場合でも貫通限界厚さを評価できることを確認している。
 - 設計飛来物と同等の寸法及び運動エネルギーを有する飛来物の衝突試験の実施結果（電中研報告N15004（2015年10月））やタービンミサイルの評価に使用されてきた実績があることから、BRL式は飛来物の質量の大きさに係わらず適用できることを確認している。
- 最新知見は多数の実験データから確認しており、最新知見を否定するような実験データが確認されていないことから、十分な信頼性があるといえる。一方で、四角形衝突部の貫通限界厚さ近辺の実験データが十分とはいえないことから、実験的に非貫通が確認された板厚との比率を考慮する。（BRL式による貫通限界厚さの算出結果7.9mmに対し、設計上設定する貫通限界厚さを8.2mmとする。）



設計飛来物



実験で用いた飛来物
(電中研報告O19003)



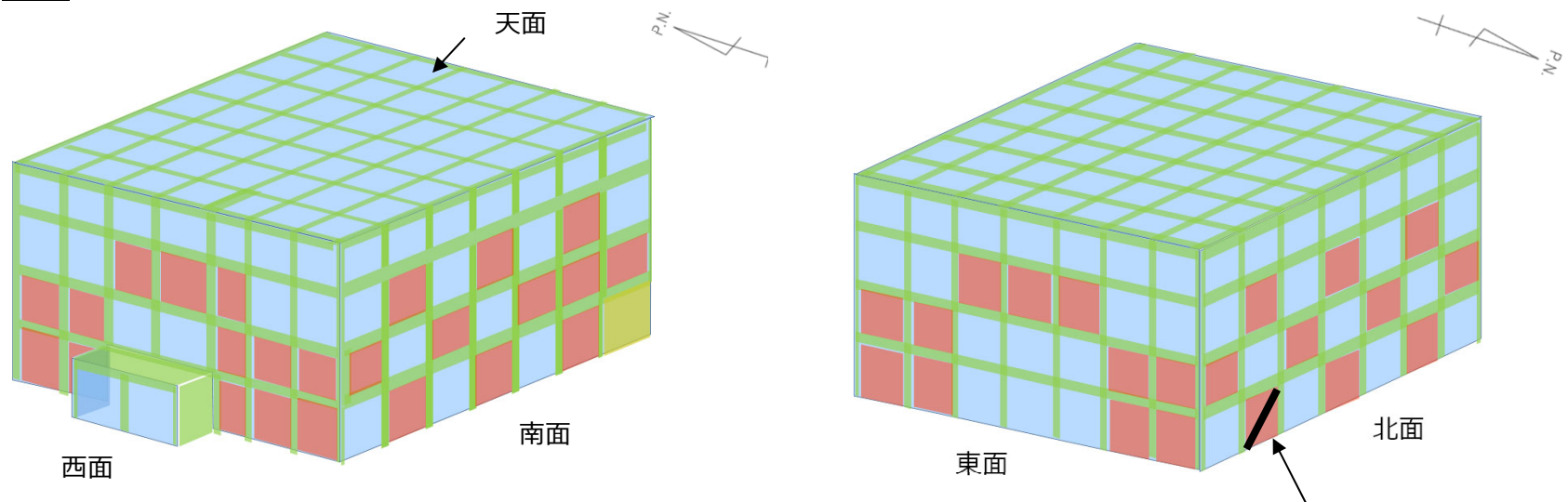
図 貫通試験の結果（電中研報告O19003）
(BRL式による貫通限界厚さと実測板厚の比率に対する結果の違い)

4. 3 飛来物防護ネットの健全性 (4 / 7)

飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 飛来物防護ネットの構造概要

- 飛来物から防護対象施設を防護する方法として、防護ネットと防護板の2通りを採用している。
 - ・防護ネットは、鋼製枠付きの防護ネット（外張り）と、鋼製枠を無くし架構に直接設置した防護ネット（外張り、内張り）の3種類。（①～③）
 - ・防護板は、飛来物の侵入を防止するための防護板と防護ネットの間隙を埋める補助防護板の2種類がある。防護板は形状・取付方法により使い分けている。（④～⑮）
- 次ページ以降に防護ネット、防護板、補助防護板の設置目的、構造、評価内容について示す。



凡例

- ①外張りネット（鋼製枠なし）
- ②内張りネット（鋼製枠なし）
- ③外張りネット（鋼製枠あり）（車両用扉ネット）
- ④～⑮防護板（次頁一覧表に詳細を示す）

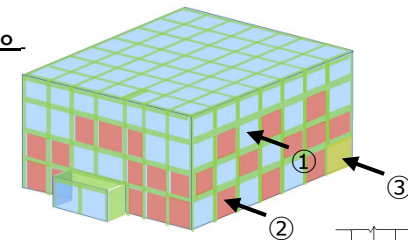
②はプレスが設置されるため、内張りネットとなるが、図中ではプレスの記載は省略

4. 3 飛来物防護ネットの健全性 (5 / 7)

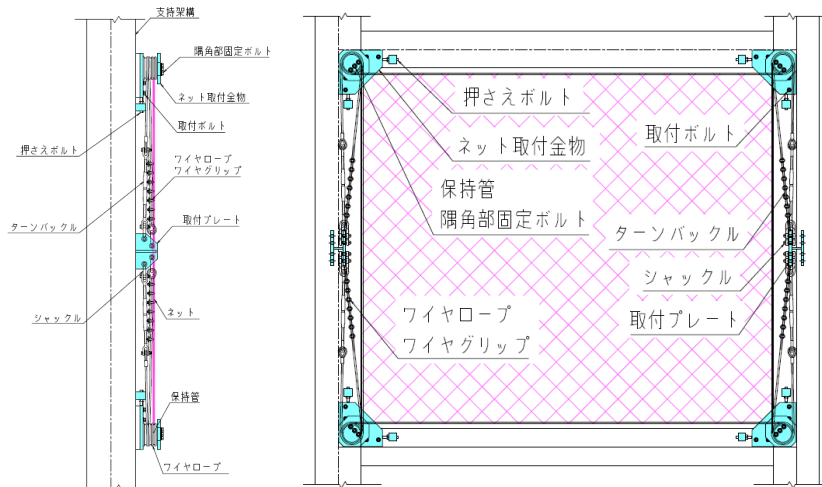
飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 防護ネットの構造

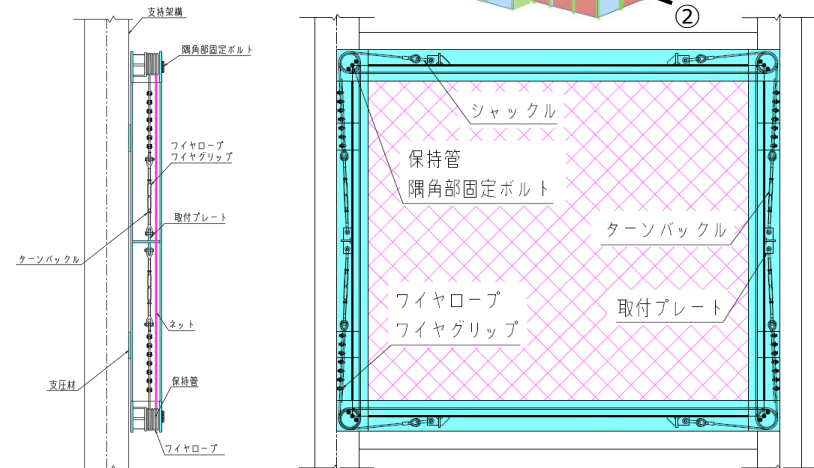
- 設置目的：冷却塔の冷却空気を阻害しないよう防護ネットを採用する。防護ネットは、評価ガイドに規程される設計飛来物の運動エネルギーを吸収し防護対象への衝突を防止する。
- 構造：飛来物を補足するネット、ネットの支持するワイヤロープ、ワイヤロープを保持する保持管等で構成する。再処理施設の防護ネットの特徴として、先行炉では鋼製の枠にネット等を取り付けているが、再処理施設では軽量化のためにネット取付金物を用いて支持架構へ直接ネット等を取り付けている。また、ブレース材との干渉が想定される個所では、支持架構内側に防護ネットを取り付けている。
- 評価内容：電力中央研究所評価式を元に防護ネットの吸収エネルギーの評価を行うと共に飛来物衝突荷重の荷重伝達経路から荷重が作用する部位について、強度評価を行った。



①外張りネット（鋼製枠なし）



③外張りネット（鋼製枠あり）
（車両用扉ネット）



※②内張りネットについても同様の構造である

凡例 ■ : 鋼製枠又はネット取付金物
■ : ネット

4. 3 飛来物防護ネットの健全性 (6 / 7)

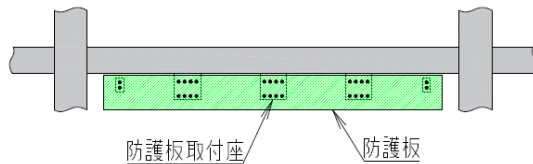
飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 防護板の構造

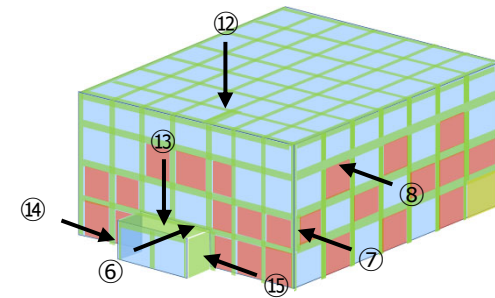
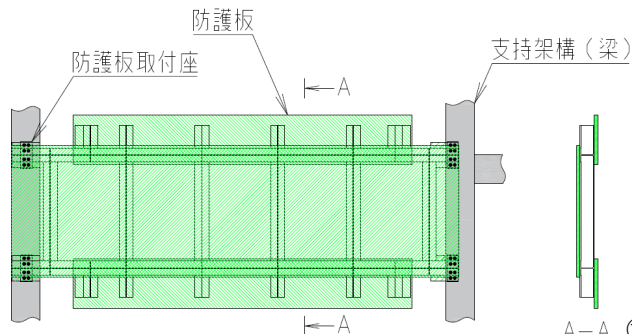
- 設置目的：防護ネットの飛来物衝突時の変形（たわみ）に対して必要となる離隔を確保できない箇所等の防護ネットを設置できない箇所に防護板を設置する。防護板は、評価ガイドに規程される設計飛来物の貫通を防止し、防護対象への衝突を防止する。
- 構造：防護板本体と支持架構に取り付けるための取付座で構成する。
- 評価内容：BRL式を用いて貫通限界厚さ以上の板厚を有していることを確認すると共にLS-DYNAを用いて衝撃荷重により防護板を固定するボルトのうち破断しないものが2本以上あることを確認する。

⑥防護板（①用，内取付）

⑧防護板（②用，防護板補強無し，内取付）

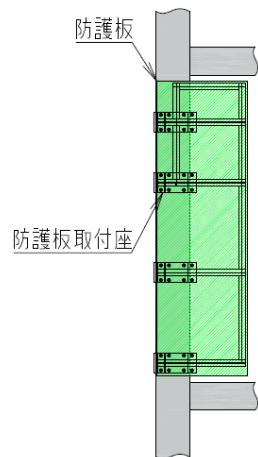


⑫防護板（斜め梁部天面，外取付）



⑦防護板

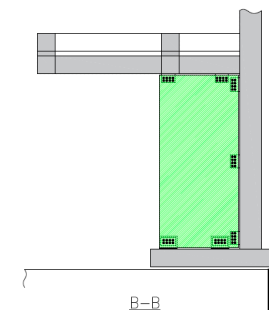
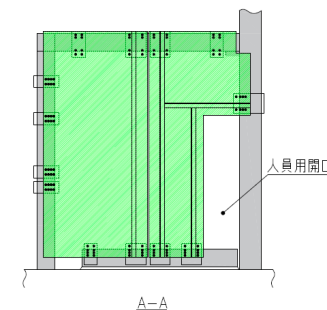
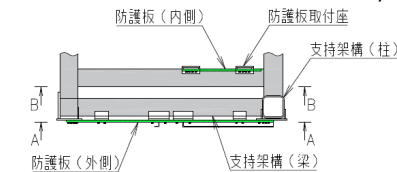
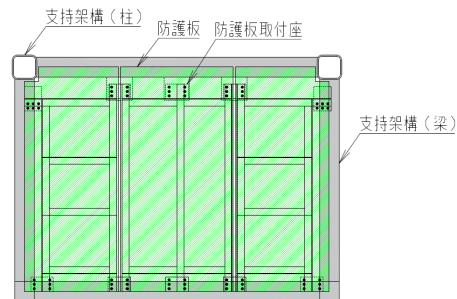
（②用，防護板補強有り，外取付）



A-A ⑮防護板（張出部南側面，外取付）（人員用開口）

⑬防護板（張出部天面，外取付）

⑭防護板（張出部北側面，外取付）

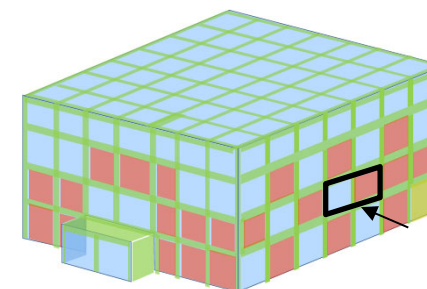
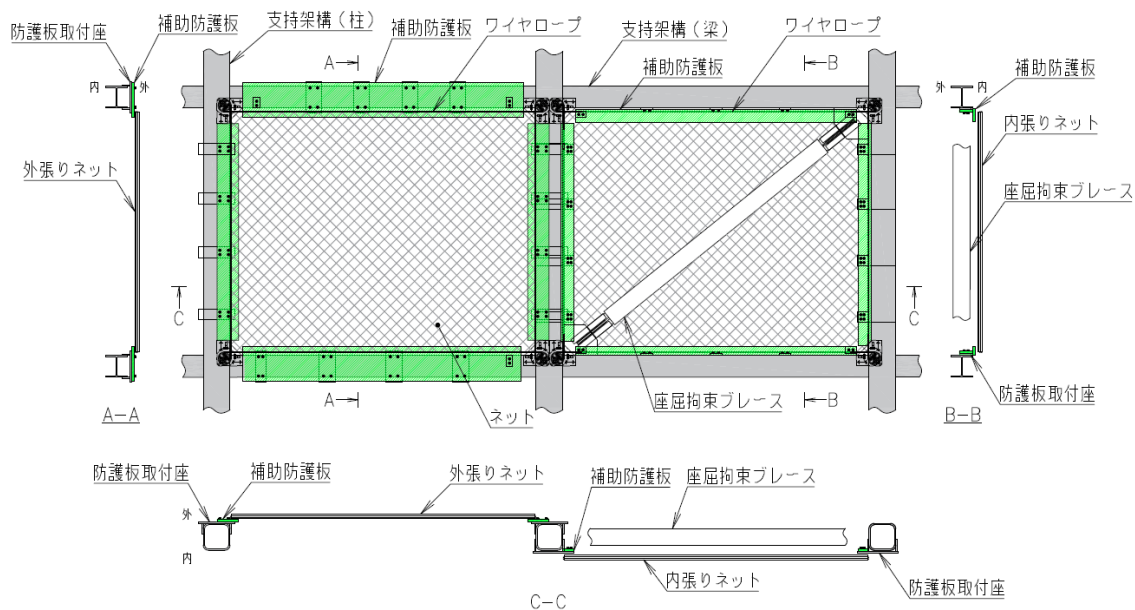


4. 3 飛来物防護ネットの健全性 (7/7)

飛来物防護ネットの構造と評価項目について

■ 補助防護板の構造

- 設置目的：鋼製枠を持たない防護ネットは配置制約から支持架構の柱や梁の端面に近接している。そのため、設計飛来物より小さな飛来物の侵入を防止を目的として補助防護板を設置する。
- 構造：防護板本体と支持架構に取り付けるための取付座で構成する。
- 評価内容：BRL式を用いて貫通限界厚さ以上の板厚を有していることを確認すると共にLS-DYNAを用いて衝撃荷重により防護板を固定するボルトのうち破断しないものが2本以上あることを確認する。



4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について（1 / 12）

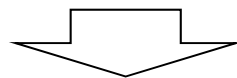
■ 前回審査会合における説明状況

5月25日審査会合での主な説明項目

①外部火災防護対象施設を収納する建屋、屋外の外部火災防護対象施設及び波及的影響を及ぼし得る施設は、それぞれの施設が有する機能を維持するため、航空機墜落火災からの輻射に対し、評価対象部位を温度評価し、許容温度内である設計とする。

施設区分	第1回申請対象施設	機能	評価対象部位	評価方針
外部火災防護対象施設を収納する建屋	燃料加工建屋	内包する外部火災防護対象施設に影響を与えない	建屋外壁（コンクリート）	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの許容温度以下であること。 ・内包する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと
屋外の外部火災防護対象施設	安全冷却水B冷却塔	安全機能の維持	冷却水	・冷却水は最大運転温度以下であること。
			冷却に必要な部位（管束、ファン駆動部等）	・各部位に設定された許容温度以内であること。
			支持架構	・鋼材の許容温度以内であること。
波及的影響を及ぼし得る施設	飛来物防護ネット	安全冷却水B冷却塔へ波及的影響を与えない。	支持架構	・鋼材の許容温度以内であること。

②航空機墜落火災の熱影響により、施設の有する機能を損なうおそれがある場合には、耐火被覆又は遮熱板等の防護対策を講ずることにより、安全機能を損なわない設計とする。



塗装範囲を保守的に設定することにより考え方の簡素化を図ったことから、改めて防護対策の全体像を示した上で、安全機能を踏まえ担保すべき事項を説明する。

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (2/12)

■ 航空機墜落火災に対する設計の基本的な考え方(1/2)

① 航空機墜落火災の影響を考慮する施設として(a)～(d)を選定し、以下の設計を行う。

(a) 外部火災防護対象施設を収納する建屋

- ・燃料加工建屋等が該当し、内包する外部火災防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。
- ・建屋内に収納する外部火災防護対象施設の機能を損なわないこと及び建屋外壁が要求される機能を損なわないことを評価するため、建屋外壁を対象とする。

(b) 屋外に設置する外部火災防護対象施設

- ・冷却塔、主排気筒、屋外ダクト等が該当し、それらの有する安全機能を損なわない設計とする。
- ・冷却機能を維持するために必要となる冷却水の温度、冷却に必要な部位及びそれらを支持する支持構造物を対象とする。

(c) 屋外に設置する外部火災防護対象施設に波及的影響を及ぼしうる施設

- ・飛来物防護ネット等が該当し、防護対象施設（冷却塔等）に対して波及的影響を及ぼさない設計とする。
- ・火災による輻射影響により、倒壊しないよう、強度を維持するのに必要となる支持構造物を対象とする。

(d) 建屋に収納する外部火災防護対象施設のうち、航空機墜落火災による2次的影響を受ける施設

- ・第2非常用ディーゼル発電機が該当し、建屋開口部に設置されている飛来物防護板からの熱影響を考慮しても、その安全機能を損なわない設計とする。

② 航空機墜落火災の設計にあたっては、選定した航空機による火災が建屋外壁等の至近で発生する想定とする特徴を考慮したものとする。

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (3/12)

■ 航空機墜落火災に対する設計の基本的な考え方(2/2)

- ③外部火災防護対象施設を収納する建屋は、外壁の内部温度がコンクリートの許容温度以下となることを確認する。許容温度を超える場合には、想定される破損及び強度低下による影響を確認し、建屋内の外部火災防護対象施設の安全機能を損なわないこと及び建屋外壁が要求される機能を損なわない設計とする。
- ④屋外の外部火災防護対象施設（冷却塔、主排気筒、屋外ダクト等）及び波及的影響を及ぼし得る施設（飛来物防護ネット等）は、航空機墜落火災からの輻射を受け、部材が温度上昇しても、許容温度以下とする設計とする。
- ・防護対策は、外部火災防護対象施設の設置環境、支持架構の耐震性および施工性を考慮した設計とする。
 - ・施設の安全機能を踏まえた設計の結果、許容温度を超える場合には耐火被覆又は遮熱板を用いた防護設計により許容温度以下とする。
 - ・摺動部や耐火被覆が施工できない材質を有する部位は、耐火被覆の施工が困難であることから、輻射を遮るため、遮熱板を設置する。
 - ・遮熱板及び耐火被覆による防護にあたっては、安全上重要な設備の安全機能に影響を与えないような設計とする。
 - ・支持架構は、地震や衝突による破損・脱落により安全機能に波及影響を与える恐れのない耐火被覆を施工することにより許容温度以下とする。
- ⑤航空機は最も厳しい評価となるF16とし、施設の至近で火災が発生する想定。
- ⑥他の自然事象との重ね合わせは、年超過確率が十分に低いことを確認しているため考慮しない。

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (4/12)

■ 支持構造物に対する耐火被覆の設計 (塗装範囲)

- 火災を図4-1に示すように、防護対象の至近の任意の地点へ墜落するとして想定する
- 自然事象との重畳は考慮しないことから、ネットには塗装しない。
- 離隔距離を確保できない部材は、部材単位で耐火被覆を施工する。(図4-2参照)
- 離隔距離は火炎の上方に向けても設定する。
- 塗装対象の部材は火炎の受熱方向に関わらず耐火被覆を施工する。
- 火炎からの輻射が完全に遮断されている範囲は塗装対象外とする(遮熱板の裏側等)。
- 支持構造物の構造健全性を維持するために、必要な厚さを塗装する。

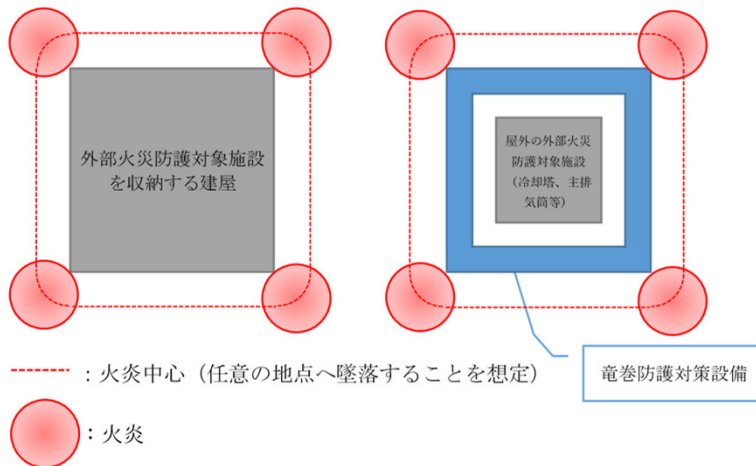


図4-1 防護対象に対する火災想定位置

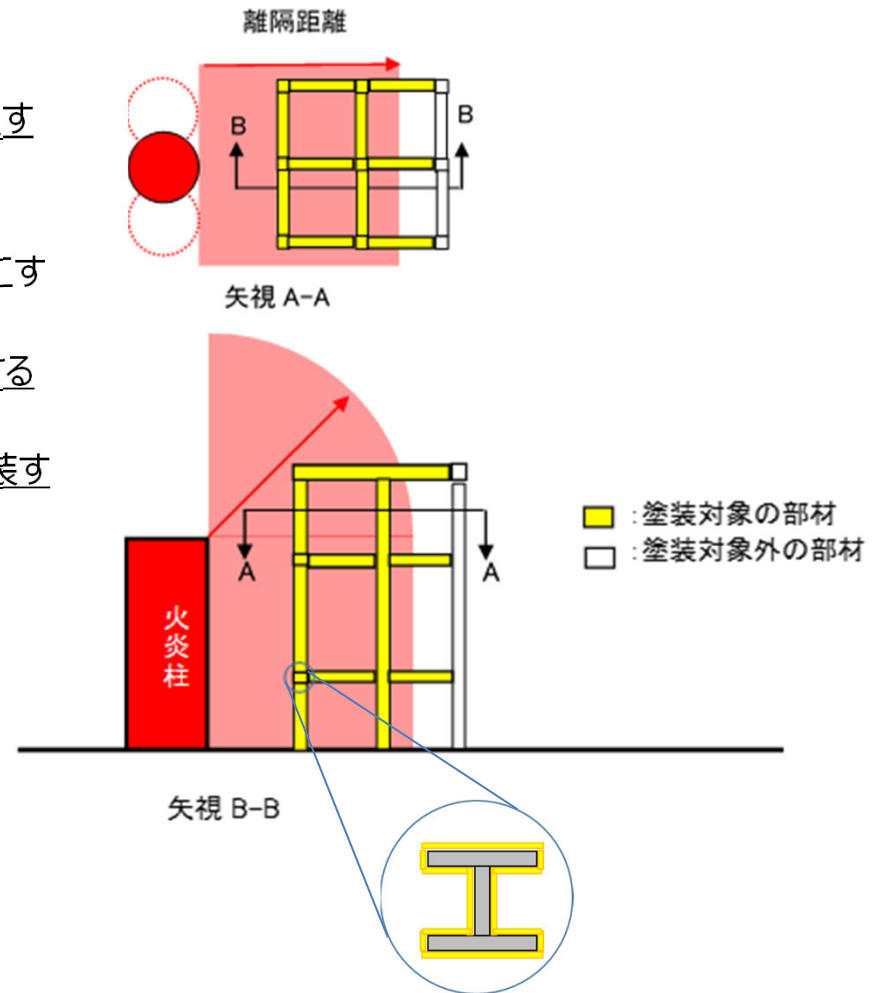


図4-2 塗装範囲の考え方

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (5/12)

■ 支持構造物に対する離隔距離の算出

- 支持構造物が航空機墜落火災が発生しても許容温度以下となる距離を設定した。
- 評価対象の航空機としてF-16を想定した火災から、外部火災ガイドに基づく輻射強度を受けけるものとした。
- 離隔距離の算出にあたっては、任意の距離に応じた輻射強度を考慮し、材質及び板厚毎に一次元非定常熱伝導計算を行った。

表1 離隔距離の計算結果

材料	板厚 (mm)	必要離隔距離(m)	
		安全上重要な施設 (325°C以下となる距離)	波及的影響を及ぼし得る施設 (450°C以下となる距離)
炭素鋼	36	1	0
	28	2	0
	22	3	1
	19	5	1
	15	7	3
	14	7	3
	13	8	4
	12	9	4
	11	9	5
	10	—	6
	9	11	7
	8	12	8
	6.5	14	9
	6.4	14	9
	6	15	10
	4.5	18	12
	3.91	19	13
	3.9	19	13
	3.2	20	15
2.3	23	16	
2.11	23	17	
1.2	25	19	
ステンレス鋼	20	4	1
	16	6	2
	12	8	4
	9	11	6

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (6/12)

■ 支持構造物に対する耐火被覆の設計 (使用する耐火塗料について)

- 耐火塗料は、鉄骨部材等を対象とした耐火被覆材の一つである。耐火被覆は、数mm厚の塗膜が、火災時には20～30倍に発泡して熱伝導性の低い断熱層を形成し、鉄骨の温度上昇を緩和する。(発泡挙動を図4-3に示す。)
- 採用した2種類の耐火被覆は、建築基準法施行令第百七条に掲げる耐火性能に関する技術基準に適合することを試験により確認することにより、国土交通大臣の認定を受けた塗料であり、一般の施設でも使用実績のある製品である。(発泡前後の状況を図4-4に示す)

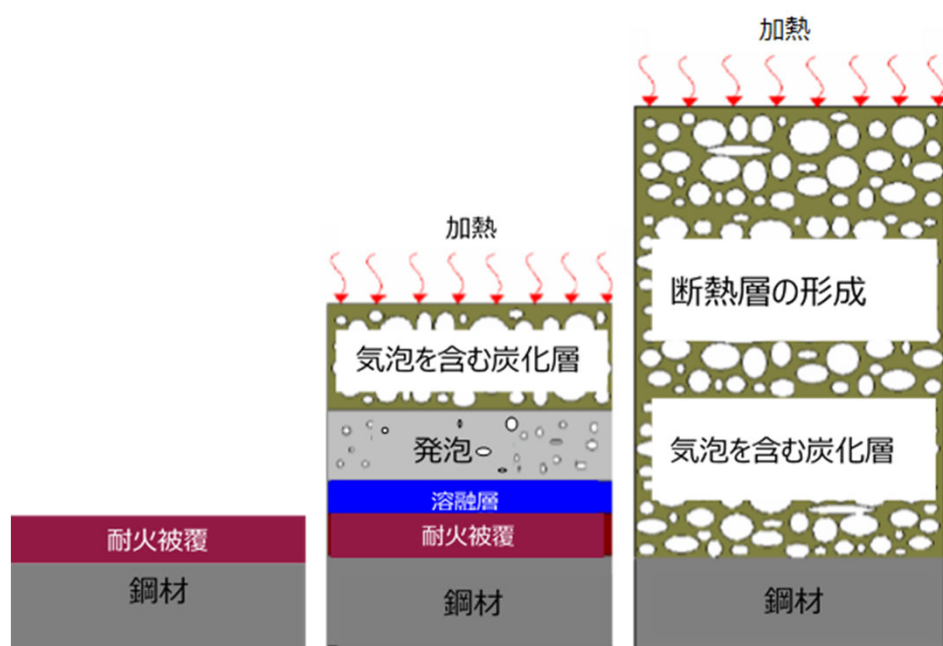


図4-3 発泡挙動



図4-4 発泡前後の状況

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について（7／12）

■大臣認定試験について

- 採用する耐火被膜は構造として大臣認定を取得した材料であるため、その要求時間ごとに必要厚さが定められている。
- 大臣認定試験と航空機墜落火災の耐火試験は加熱時間、合格の判定基準及び火災の想定は異なるが、火災により構築物が倒壊しないという主目的は同じである。
- 建築基準法では、航空機墜落火災で耐火被覆の対象としている支持架構を構成す柱、梁に対して、建物内の人間の避難が完了するまでの間、建物が倒壊しないよう、その階数により1時間、または2時間の耐火性能を要求している。
- 航空機墜落火災の入熱量と大臣認定試験の入熱量を比較した場合、30分耐火の大臣認定試験に近い。
- すなわち、保守的に1時間耐火以上の大臣認定を取得している耐火塗料であれば、航空機墜落火災対策に必要な断熱性能を有しているといえる。
- よって、1時間耐火以上の大臣認定を取得している耐火塗料を用いて、航空機墜落火災の耐火被膜を設計することで、信頼性のある対策とすることができる。

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (8/12)

■ 耐火被覆の塗装厚さの設計について

- ・耐火被覆は、離隔距離を確保できない部材を許容温度以下とする機能が要求され、許容温度以下とするのに必要な塗装厚さを設定する。
- ・熱物性値が明らかになっていないこと及び表面温度に応じて断熱性能が変化することから塗装厚さを設計することが困難である。そのため、耐火被覆の性能を判定するために規格化された大臣認定試験の結果を用い、塗装厚さを設計する。
- ・耐火被覆厚さは、設置位置が火炎に最も近く、かつ薄い9mmの鋼材が至近で火災による輻射を受けた場合でも許容温度以下となる施設毎の厚さを設定し、以下の理由から設定した厚さを一様に施工する。
 - ・現場塗装する部材も多数あるため、管理方法を統一することが品質向上につながる。
 - ・耐火被覆を統一することで、塗装厚さのヒューマンエラー防止等の施工性向上につながる。

■ 被膜厚さの設計 (プロセス)

- ① 大臣認定試験の結果として耐火被覆を施工した鋼材の温度変化データを取得する。
- ② 取得したデータと既知の鋼材の温度変化を比較し、その差分を熱物性値が既知の断熱材の相当厚さに置き換える。
- ③ 許容温度以下となる断熱材厚さから必要な耐火被覆膜厚を決める。
- ④ 設定した塗装厚さの妥当性を検証するため、航空機墜落火災と同じ条件で耐火試験を実施し、許容温度内であることを確認する。

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (9/12)

■ 被膜厚さの設計 (結果)

- ①大臣認定試験の結果として耐火被覆を施工した鋼材の温度変化データを取得する。
- ②取得したデータと既知の鋼材の温度変化を比較し、その差分を熱物性値が既知の断熱材の相当厚さに置き換える。
- ③許容温度以下となる断熱材厚さから必要な耐火被覆膜厚を決める。
- ④設定した塗装厚さの妥当性を検証するため、航空機墜落火災と同じ条件で耐火試験を実施し、許容温度内であることを確認する。

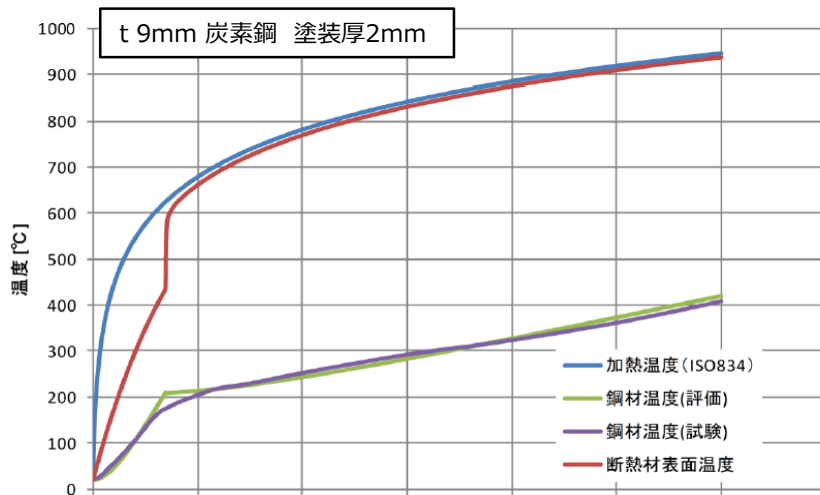


図4-5 耐火被覆2mmの大臣認定試験結果に相当する断熱材厚さを適用して評価した鋼材温度の比較結果 (①～②に対応)

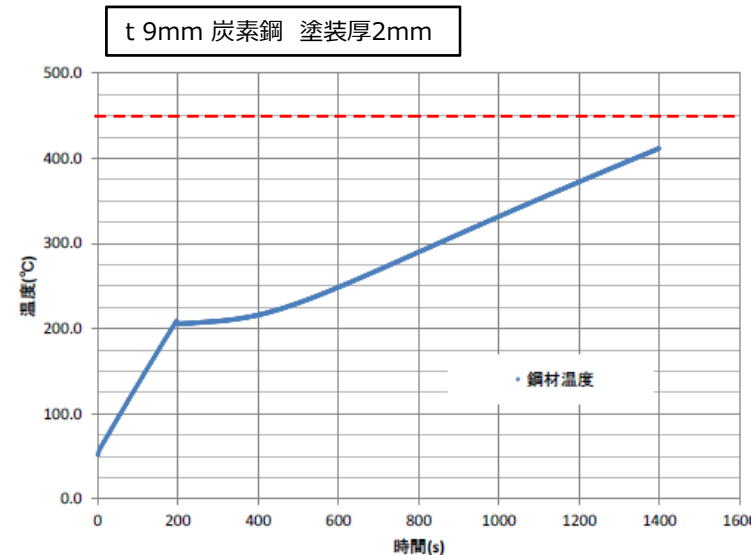


図4-6 航空機墜落火災の条件で許容温度以下となる被膜厚さ2mmの温度評価結果 (③に対応)

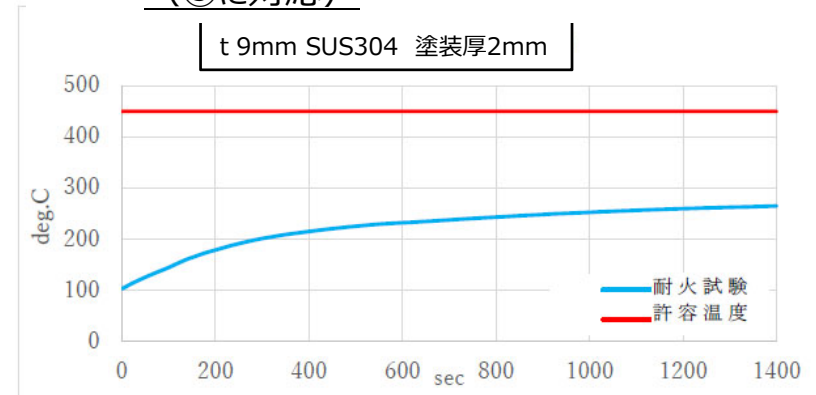
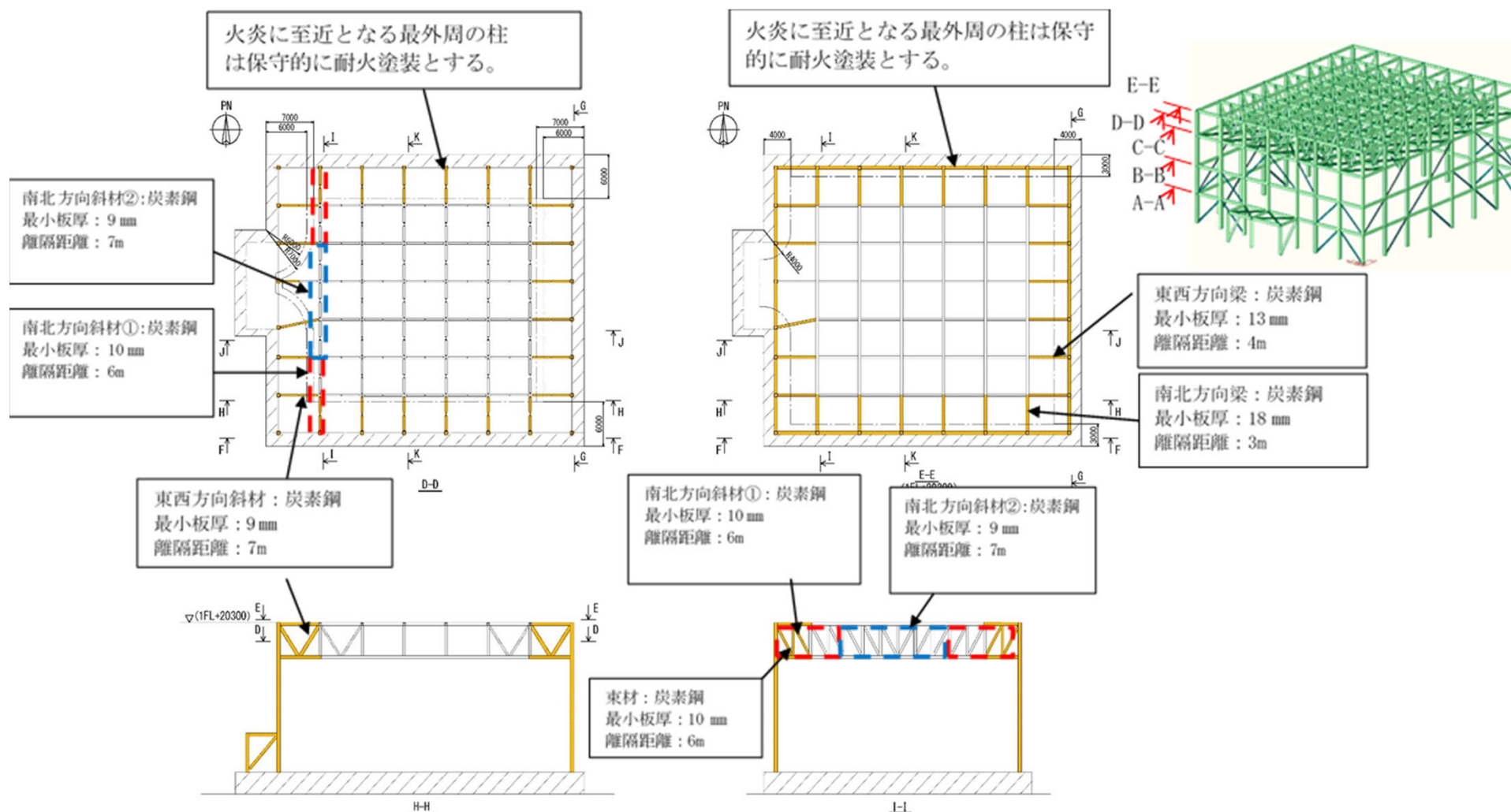


図4-7 許容温度450°C以下とするための耐火被覆2mmの耐火試験による検証結果 (④に対応)

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (10/12)

■ 耐火被覆の設計結果 (飛来物防護ネット)



4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (11/12)

■耐火被覆の施工管理

耐火塗装は現場で施工する部材も多数あり、施工管理が品質に影響を及ぼすことから、施工時の施工管理方針を示す。

- 耐火被覆の断熱性能は、塗装厚さに依存することから、設計厚さを下回ると、断熱性能が不足することとなる。そのため、施工管理はマイナス誤差を許容しない。
- 一方、厚く塗装すると断熱性能は増加することから、上限は設けない。(耐震性へ影響を及ぼさない範囲)
- 耐火塗装は、下塗り・主材・中塗り・上塗りの4層で構成され、それぞれに役割があることから、各層で管理する。

作業環境
 温度：5～35℃
 湿度：30～85%
 その他：強風、塵埃、降雨、降雪の影響を受けないこと

	材質	役割	管理方法
上塗り	ふっ素樹脂系	主材保護	・塗料の使用量 ・目視
中塗り	エポキシ樹脂系	主材保護、主材と上塗りの接着性	・塗料の使用量 ・目視
主材 (耐火被覆)	耐火被覆	断熱性能	・膜厚管理 (+ 0 mm以上) ・目視
下塗り	エポキシ樹脂系	鋼材と主材の接着性	・塗料の使用量 ・目視
鋼材			

4. 4 航空機墜落火災に対する影響評価について (12/12)

■耐火被覆の維持管理

耐火塗装の性能を維持するための管理方針を示す。

- 耐火被覆の損傷実績を調査した結果、耐火被覆特有の損傷事例は確認されなかったことから、一般的な塗料の損傷事例、原因およびそれらを踏まえた点検頻度を下表に示す。
- 損傷が確認された場合は、損傷程度を確認し、損傷程度に応じた補修を実施する。

損傷モード	原因	点検	頻度
割れ	経年劣化	外観目視点検	1回/年
膨れ	経年劣化	外観目視点検	1回/年
剥がれ	経年劣化	外観目視点検	1回/年
傷	衝突	外観目視点検	1回/年

- なお、上記に加えて1回/日の頻度で巡視点検を実施する。
- 塗料は、損傷原因にあるとおり、経年劣化するため、定期的な補修が必要となる。耐火被覆は、その保護材である上塗り・中塗りが健全であれば損傷することはないことから、上塗りを保修対象とする。

対象	頻度	補修内容
上塗り	8～10年程度	上塗り材の塗り増し

- 航空機墜落火災が発生により損傷した塗装、ネットの復旧は、調達実績から6カ月を目途に行う。
- 年超過確率から発生後6カ月以内に竜巻が発生する可能性は、十分に低いことを確認している。