

再処理施設 廃棄物管理施設 MOX燃料加工施設

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7月13日



目次

1. 使用前事業者検査の実施方針
2. 技術的内容に係る説明
(耐震：建物・構築物)

■：商業機密の観点から公開できない箇所

1. 使用前事業者検査の状況について〈検査の成立性〉

1. 1 論点に対する説明状況

【共通事項】

主な説明項目			進捗状況	
			説明すべき事項	対応状況
③	共通	使用前事業者 検査	<ul style="list-style-type: none"> アクティブ試験等の影響によってアクセス性の観点から検査実施に支障が生じる設備の検査成立性を示す。 ガス溶融炉の機能・性能検査に伴う試験使用の対象となる範囲等を示す。 既設設備に対する腐食を考慮する容器等の検査方法（アクセス困難で実測できない機器に対する現状の板厚の評価方法）を示す。 	<ul style="list-style-type: none"> アクティブ試験等の影響によってアクセス困難な設備に対する検査の成立性について、セル内に設置される全機器の調査を完了し、検査記録が全てあることを確認：説明済み アクセス困難なセル外機器並びに配管、建物構築物に対する各種記録の調査結果：本日説明 ガス溶融炉の機能・性能検査内容及び試験使用範囲：説明済み 既設設備に対する腐食を考慮する容器等の検査方法（アクセス困難で実測できない機器の現状の板厚の評価方法）：8月中

1. 2 使用前事業者検査の状況について <検査の成立性>

精査中

<基本的考え方>

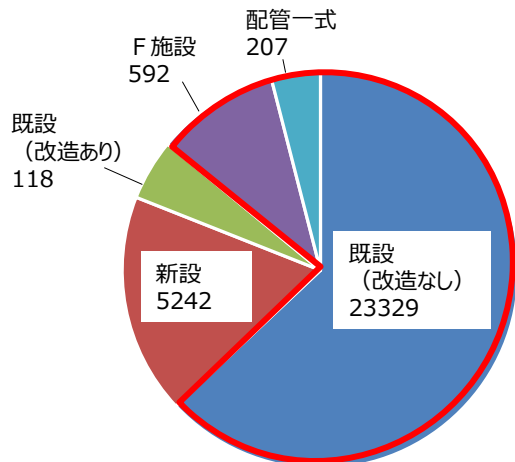
- 新設はアクセス可能であり、実検査を実施可能。
- 既設（改造なし／改造あり）は、原燃、協力会社の設計、製作、施工に係るQMS体制を確認するとともに、設計、製作、施工、検査に係る記録を組み合わせる検査を行う。必要に応じて維持管理記録を確認するとともにアクセス可能な設備は目視、実測を行う。

<現状：7月12日現在>

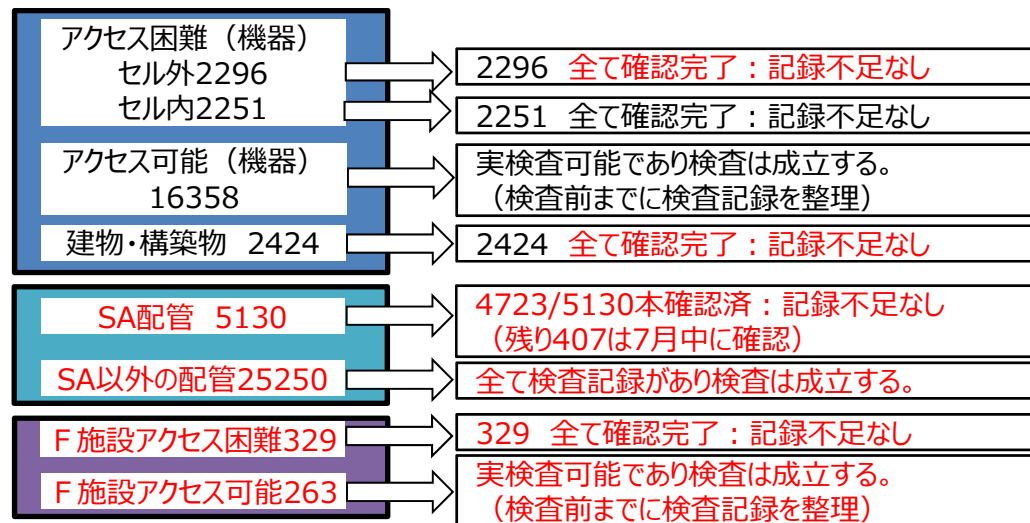
- セル内の機器：2251全て確認完了（6/28審査会合で報告済）。
 - アクセス困難なセル外の機器：2296**全て確認完了（記録の不足なし）**
 - 建物・構築物：2424**全て確認完了（記録の不足なし）**
 - **アクセス困難なF施設の機器：329全て確認完了（記録の不足なし）**
 - 配管※1 ※2：**重大事故等対処設備の配管4723/5130本確認完了（記録の不足なし）**。
 重大事故等対処設備以外の配管25250本は全て検査記録により検査が成立することを確認。
- ※1：設工認添付書類で示している配管（207式）を配管番号による配管数（30380本）として整理し、調査を実施。
 ※2：同一配管番号でセル内外混在しているものがあることからアクセス性有無に関わらず全ての配管を対象として調査を実施。
- 埋込金物・支持構造物について、上記機器等に関連する対象の健全性確認に係る記録があることを確認した。

<今後の作業：7月中>

- **重大事故等対処設備の配管407/5130本について確認を行う（次回審査会合までに完了予定）**。



使用前事業者検査対象の分類イメージ



2. 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

① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

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

6/28審査会合での指摘事項を踏まえ、再度検討した結果は以下のとおり。

- ▶ 燃料加工建屋については、設計用地盤モデルと比較して直下地盤モデルの表層の地盤物性が軟質であり、それに起因して、設計用地盤モデルによる応答と異なる傾向を示していると考えられるものの、その要因特定には更なる検討を要する。
そのため、当該状況を踏まえ、燃料加工建屋については、直下地盤モデルを耐震計算書に記載する地盤モデルとして扱うこととする。
- ▶ 安全冷却水B冷却塔については、耐震設計上、表層地盤による埋め込みは無く、支持地盤のみ考慮している。さらに、直下地盤モデルによる応答は、設計用地盤モデルによる応答と概ね同等であることから、設計用地盤モデルを耐震計算書に記載する地盤モデルとして扱うこととする。
ただし、耐震性の確認の観点から、直下地盤モデルによる耐震性への影響についても、あわせて確認することとする。

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。
2	2021.3.15	データの拡充にあたっては、各エリア内で得られた調査結果を詳細に示したうえで、地下構造が同様な速度構造であること、PS検層結果と地盤モデルのばらつき範囲の関係性、地表付近でPS検層結果のデータが得られていない部分の扱いについて説明すること。	各エリア内において速度構造が建屋位置ごとに相違していることから、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
3	2021.4.13	第1回申請対象施設である安全冷却水B冷却塔についても近傍データに基づき整理すること。また、他の建物・構築物に対しても第1回申請において示す基本的な方針との関係を踏まえて必要な説明をすること。	安全冷却水B冷却塔について、近傍のPS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
4	2021.4.13	直下もしくは近傍の直下PS検層データが複数得られている場合について、直下地盤モデルとしてばらつきを考慮するのか、ロジックを整理し根拠を明確にして説明すること。	直下PS検層データが複数得られている建物・構築物については、そのデータのばらつきを考慮した耐震評価を実施する方針とする。
5	2021.4.13	表層地盤を敷地全体のモデルとして扱い、そのデータのばらつきの影響評価について、地盤ばねの剛性を変化させた場合の検討として行うのであれば、 $\pm 1\sigma$ を超えるデータがあることに留意すること。	各建物・構築物の直下PS検層データによれば、速度構造設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅を超えるものがあることから、各建物・構築物の直下PS検層データを用いた耐震評価を実施する方針とする。
6	2021.4.13	Ssや1.2Ssの入力では支持地盤や建物・構築物の非線形が進む可能性を考慮し、その場合の影響も踏まえて施設への影響を確認すること。	直下PS検層データを用いた耐震評価にあたっては、支持地盤の非線形が進む場合を考慮する方針とする。
7	2021.5.25	直下PS検層データを用いた耐震評価を行う対象施設の選定方針について明確にすること。	地盤モデルを用いた地震応答解析を行う建物・構築物に対し、直下PS検層データの速度構造との比較を行った上で評価対象施設の選定を行う方針とする。
8	2021.5.25	直下地盤モデルを用いた評価方針については、今回設工認の基本方針に記載することで検討すること。	今回設工認への反映事項として、左記の方針の対応とすることで本資料に記載。
9	2021.5.25	直下地盤モデルを用いた評価結果の記載場所については、今後申請建屋の影響の大きさに応じて、耐震計算書の別添に限定せず、適切に記載箇所を検討すること。	
10	2021.6.28	直下地盤モデルを用いた評価結果が設計用地盤モデルに対して大きくなった要因の分析を行った上で、設計への反映の考え方について再度検討すること。	直下地盤モデルを用いた評価結果のレベルに応じた設計への反映の考え方について整理した。

① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定 (2) 今回設工認への反映の考え方

■ 今回設工認における地盤モデルの考え方

- 再処理事業所の敷地については、地下の構造特性を考慮して概ね同じ特性とすることができる3つのエリアを設定し、それぞれのエリアの地震伝播特性を再現できる「設計用地盤モデル」を作成し、そのエリアに設置する建物・構築物の耐震設計を行う。
 - 各エリアの設計用地盤モデルは、そのエリアの地盤特性を考慮したモデルとして設定する。
 - 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、各エリアの地震観測記録の伝播特性を再現していることを確認する。
 - 耐震設計にあたっては、上記の設計用地盤モデルに加え、直下地盤についてもあわせて検討する。

■ 第1回申請対象施設における地盤モデルの扱いについて

(1) 燃料加工建屋

- 燃料加工建屋については、今回設工認においては、建屋の埋め込みを考慮するために、表層地盤を考慮している。燃料加工建屋近傍では、造成盛土及び六ヶ所層が分布しているが、直下PS検層データによれば、設計用地盤モデルとして考慮している敷地全体の平均的な物性値と比較して軟質な傾向が得られている。
- 燃料加工建屋については、上記傾向に起因して、設計用地盤モデルによる応答と異なる傾向を示していると考えられるものの、その要因特定には更なる検討を要する。
そのため、当該状況を踏まえ、燃料加工建屋については、直下地盤モデルを耐震計算書に記載する地盤モデルとして扱うこととする。

(2) 安全冷却水B冷却塔

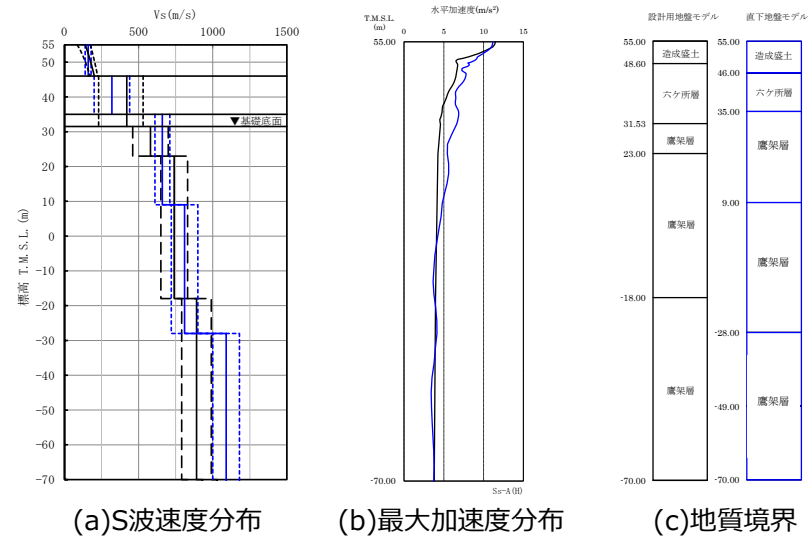
- 安全冷却水B冷却塔については、地表に設置される屋外機械基礎であることから、表層地盤による埋め込みは無く、地盤モデルとしては支持地盤のみ考慮している。
- 安全冷却水B冷却塔における直下PS検層データによれば、支持地盤の速度構造は、設計用地盤モデルに考慮しているばらつき幅を一部上回るものの、その差は小さいものとなっている。
- 直下地盤モデルを用いた地震応答解析結果は、設計用地盤モデルと概ね同等であることから、設計用地盤モデルを耐震計算書に記載する地盤モデルとして扱うこととする。
- ただし、耐震性の確認の観点から、直下地盤についてもあわせて検討することとし、直下地盤モデルを用いた耐震評価結果については、耐震計算書の別添として設工認申請書の添付書類に示すこととする。

① 地震応答解析に用いる地盤モデルの設定

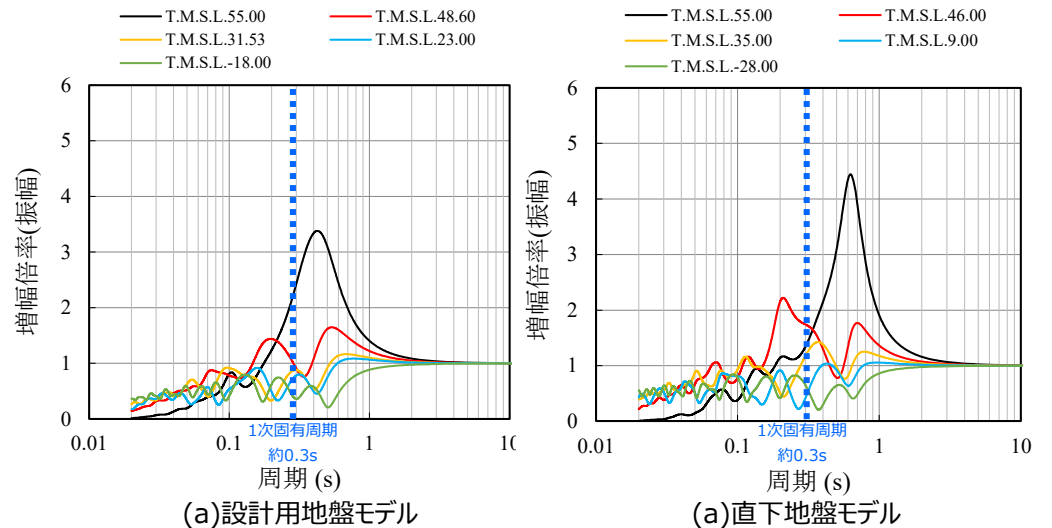
(3) 燃料加工建屋に対する影響の考察

■ 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果の分析

- ▶ 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対して最大で約1.4倍の応答となっていることから、その要因の分析を行った。本資料では、代表として、基準地震動Ss-A、基本ケースについて示す。
- ▶ 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いるが、支持地盤における地盤のひずみレベルは非常に小さいことから、地震波の増幅に対して寄与は小さいと考えられる。
- ▶ 燃料加工建屋の直下地盤モデルについては、深部(T.M.S.L.-28m以深)において設計用地盤モデルと比較してS波速度が大きくなっている傾向があるが、下図に示す最大応答分布及び伝達関数によれば、支持地盤の物性値の差は、地震波の増幅に対して寄与は小さいと考えられる。
- ▶ 燃料加工建屋の1次固有周期(約0.3秒)に着目して、各深さの伝達関数を確認した結果、支持地盤のうち最上層の軽石凝灰岩上端(図中黄線)及び表層地盤の六ヶ所層上端(図中赤線)において、直下地盤モデルの増幅率が設計用地盤モデルよりも大きくなっている。
- ▶ 以上のことから、直下地盤モデルのうち、表層地盤である六ヶ所層の速度構造に起因する卓越周期(上昇波及び反射波)が、建屋固有周期と合致したことにより、燃料加工建屋の応答が大きくなったと考えられる。



S波速度分布及び最大応答分布図 (Ss-A, 基本ケース)



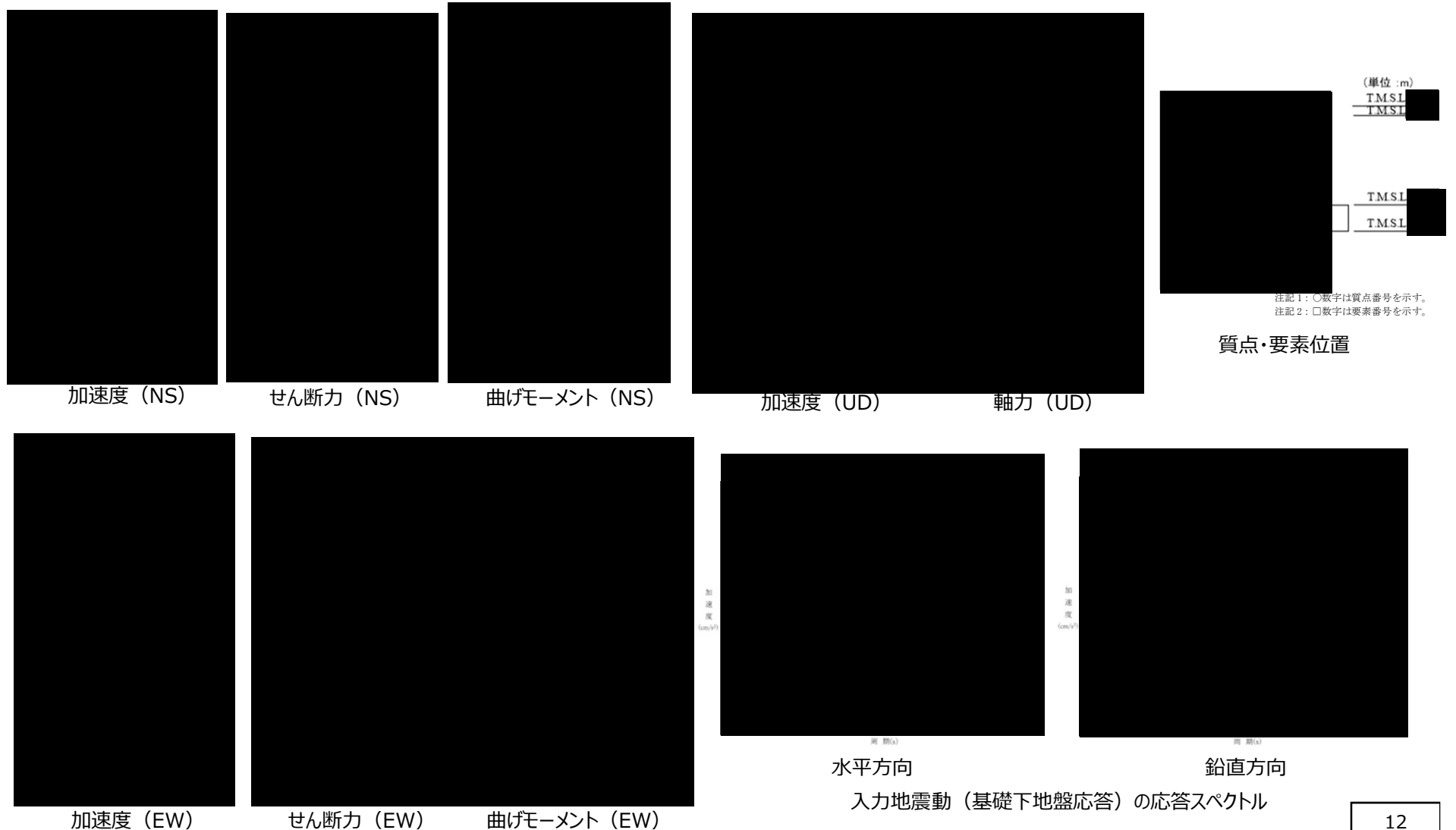
深さ方向の伝達関数 (Ss-A, 基本ケース)

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地震応答解析結果 (安全冷却水B冷却塔)

■ 直下PS検層データを用いた地震応答解析結果の分析

- 安全冷却水B冷却塔について、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に対して概ね同等または下回る傾向となっている。



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冷却塔基礎）

■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冷却塔基礎における直下地盤PS検層データを用いた耐震評価結果の概要を示す。
- 安全冷却水B冷却塔基礎の評価部位（地盤，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を十分に下回ることを確認した。
- 安全冷却水B冷却塔基礎の各部位について、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冷却塔は、マンメイドロック（MMR）を介して支持地盤に支持されているが、本評価では、MMRは支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMRの物性値を、支持地盤の物性値に置換して直下地盤モデルを設定している。
- なお、（参考2）に示す通り、さらに現実的な直下地盤モデルとして、MMRの物性値を考慮した場合、設計用地盤モデルによる入力地震動が、直下地盤モデルに対して保守的な結果となることを確認している。
- 以上のことから、安全冷却水B冷却塔については、設計用地盤モデルを耐震計算書に記載する地盤モデルとして扱うこととする。
- ただし、耐震性の確認の観点から、直下地盤についてもあわせて検討することとし、直下地盤モデルを用いた耐震評価結果については、耐震計算書の別添として設工認申請書の添付書類に示すこととする。

安全冷却水B冷却塔基礎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）

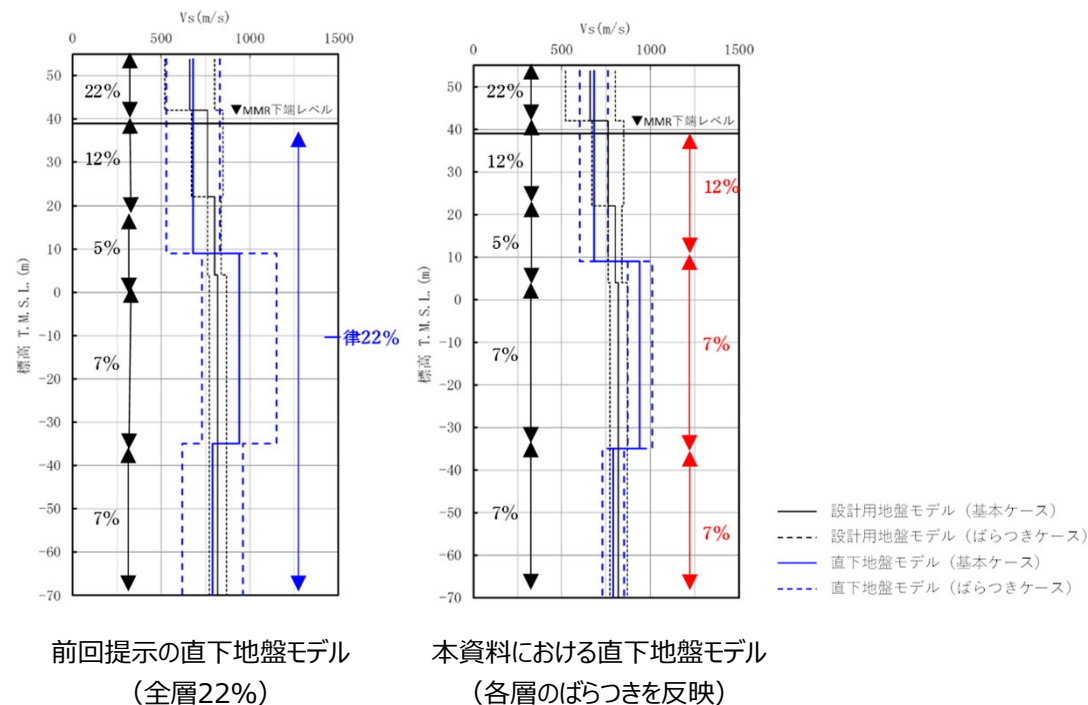
施設	検討対象部位	評価内容	検討対象地震動	評価に用いる指標	応答比率に基づく割増係数	割増係数を考慮した検定比（※）	評価結果
安全冷却水B冷却塔	地盤（接地圧）	個々の部位に対する評価	Ss	曲げモーメント及び軸力の応答比率	[黒塗り]	[黒塗り]	検定比が1.0を超えないことを確認
	基礎スラブ	個々の部位に対する評価	Ss	せん断力，曲げモーメント及び軸力に対する応答比率			検定比が1.0を超えないことを確認

※：各検討対象部位における最大の検定比を示す。

(参考1) 安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルの設定について

■ ばらつき幅の現実的な値への見直し

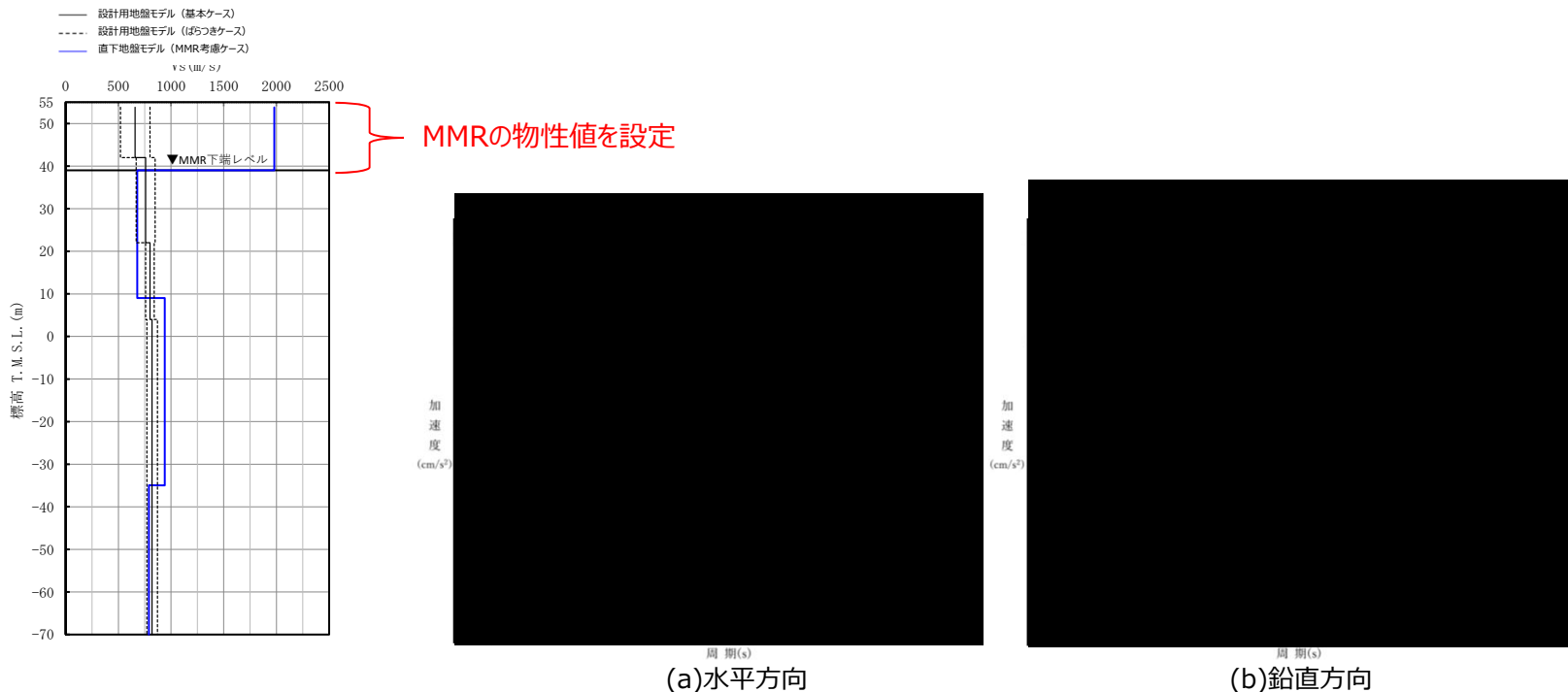
- 6/28審査会合の机上資料（資料2-2）において、安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデル及び直下地盤モデルを用いた耐震評価結果を示していた。
- 6/28審査会合の机上資料（資料2-2）に提示した直下地盤モデルについては、設計用地盤モデル（中央地盤）における各深さにおける $\pm 1\sigma$ ばらつき幅のうち、最も変動係数の大きい地表付近の22%を、安全冷却水B冷却塔の直下地盤モデルにおける深部までの共通のばらつき幅として設定しており、最もばらつき幅が広がるようなケースを考慮している。
- これに対して、本資料における直下地盤モデルについては、直下地盤モデルに考慮するばらつき幅を、設計用地盤モデル（中央地盤）における各深さの変動係数と対応するように設定することで、直下地盤モデルについて、より実地盤を反映した設定とした。



(参考2) MMRを考慮した場合の評価 (安全冷却水B冷却塔)

■より現実的なモデル (MMR考慮) として場合の入力地震動の確認

- 安全冷却水B冷却塔は、マンメイドロック (MMR) を介して支持地盤に支持されているが、上述の直下地盤モデルを用いた地震応答解析では、MMRは支持地盤相当の岩盤に支持されているとみなし、MMRの物性値を、支持地盤の物性値に置換して設定している。
- より現実的な直下地盤を想定した場合の評価として、MMRの物性値を用いた場合の評価を行った。MMRの物性値は、コンクリートの設計基準強度である 14.8N/mm^2 から、S波速度 ($V_s=1850\text{m/s}$) 及びP波速度 ($V_p=3020\text{m/s}$) を算定し、直下地盤モデルに反映した。
- MMRの物性値を考慮した場合の直下地盤モデルについて、基礎底面レベルにおける入力地震動の加速度応答スペクトルを算定し、設計用地盤モデルとの比較を行った。(本資料では、代表として基準地震動Ss-A, 基本ケースについて示す。)
- 下図のとおり、MMRの物性値を考慮した場合の直下地盤モデルによる入力地震動は、概ね全周期帯で、設計用地盤モデルを下回る。
- 以上のことから、設計用地盤モデルは、現実的な直下地盤に対して、保守的な入力地震動を与えるモデルとなっていることを確認した。



MMR物性値を考慮した直下地盤モデルにおけるS波速度分布

入力地震動の応答スペクトル

② 設計用地下水位の設定

② 地設計用地下水位の設定

(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

6/28審査会合での指摘事項を踏まえ、液状化影響評価の評価手法及びその適用性について、検討した結果を説明する。

- 液状化影響評価の評価手法について、各影響因子に対して、液状化によりどのような荷重の作用を受けて、どのような損傷モードがあり、その上で上位クラスに波及的影響を及ぼすのか等、背景も含めて整理状況を確認頂きたい。
- 簡易手法として採用したウエスタガード補正式の適用性について、有効応力解析による結果を用いて確認頂きたい。
- 有効応力解析により特異な土圧が発生しないこと、支持層（改良地盤）の応力状態による健全性を確認頂きたい。

② 地設計用地下水位の設定

(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。

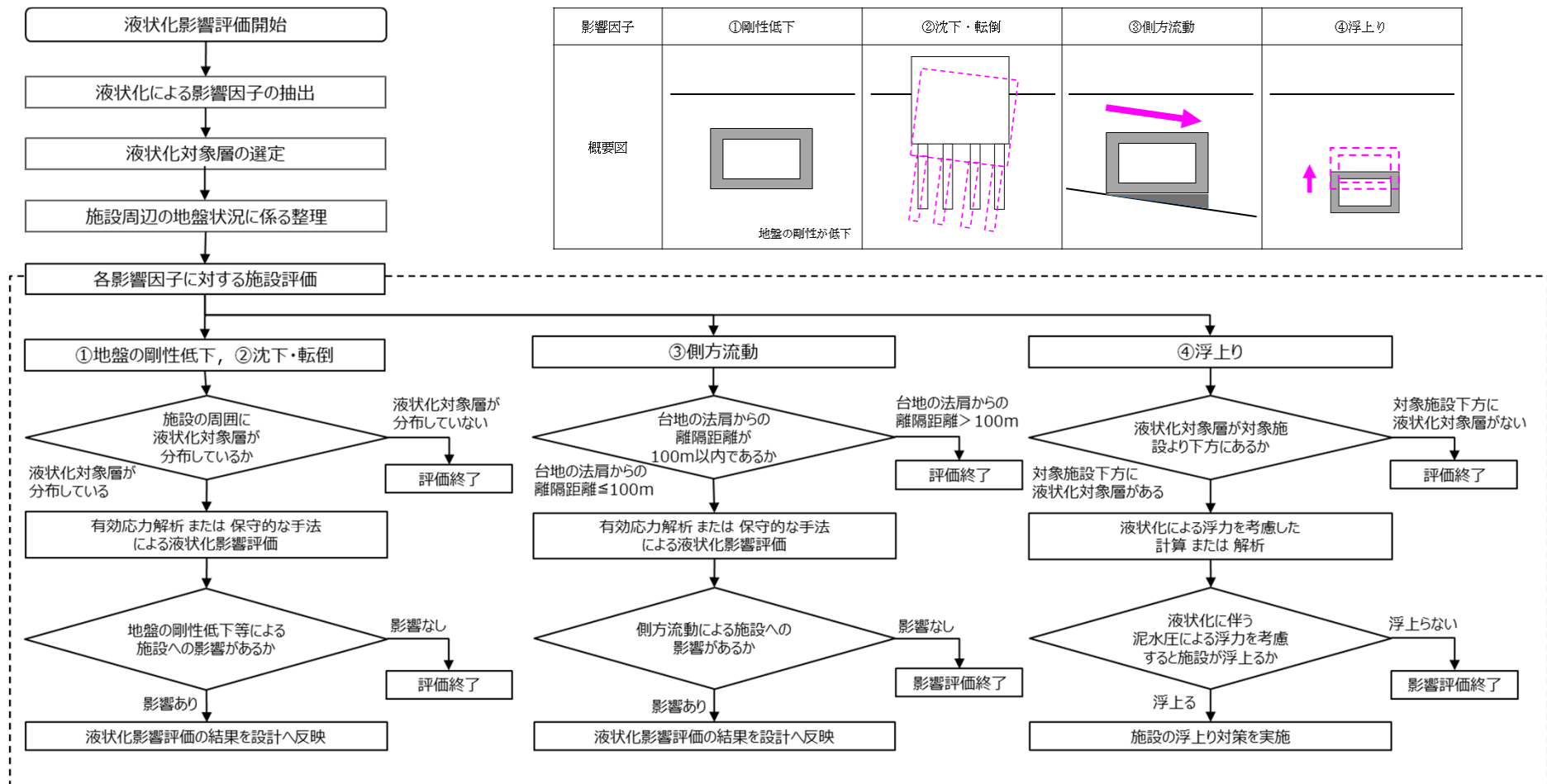
No.	審査会合日	指摘事項	対応方針
1	2021.6.28	竜巻防護施設の液状化評価について、各影響因子に対して、液状化によりどのような荷重の作用を受けて、どのような損傷モードがあり、その上で上位クラスに波及的影響を及ぼすのか等、背景も含めて整理すること。	飛来物防護ネットの耐震計算と合わせて、液状化時に必要な評価項目を影響因子、作用荷重、損傷モード、波及的影響防止の考え方を明確化する。
2	2021.6.28	竜巻防護施設の液状化評価について、ウエスタガード補正式を、液状化した地盤から受ける土圧の算定に用いることができる根拠を示すこと。また、その代替手法が有効応力解析よりも保守的な結果を与えるということ、実際の液状化時の複雑な土圧の影響を考慮できていることを明確にすること。	ウエスタガード補正式の適用性について、有効応力解析等の結果を踏まえて妥当性を明確化する。

②建物・構築物の設計用地下水水位の設定

(2) 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、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(改良地盤の液状化に対する有効性の確認含む)を行ったうえで、液状化による各影響因子（①剛性低下、②沈下・転倒、③側方流動、④浮上り）に対する施設評価を実施する。
- 液状化による影響因子のうち①～③に対する施設評価の結果、施設への影響がある場合は、設計への反映要否を確認する。また、④に対する施設評価の結果、施設の浮上りが否定できない場合は、浮き上がり対策を実施する。



影響因子	①剛性低下	②沈下・転倒	③側方流動	④浮上り
概要図	 地盤の剛性が低下	 沈下・転倒	 側方流動	 浮上り

図 液状化影響評価フロー

②建物・構築物の設計用地下水位の設定

(3) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（地盤状況の整理）

〈液状化対象層の設定〉

再処理事業所における表層地盤には、沖積層及び洪積層のほか、埋戻し土及び造成盛土が存在する。道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説によれば、沖積層の土層に対しては液状化の判定を行う必要があるとされている一方で、洪積層は原則として液状化判定の対象とする必要はないとされている。

液状化評価対象施設の液状化影響評価においては、基準地震動の規模が大きいことを踏まえ、埋戻し土、造成盛土、沖積層に加えて洪積層についても液状化対象層として整理する。

〈施設周辺の地盤状況に係る整理〉

施設周辺の地盤状況に係る整理においては、改良地盤の液状化に対する有効性（液状化しない地盤材料か否か）も確認することとする。

「埋土地の液状化対策ハンドブック（改訂版）」（平成9年、（財）沿岸開発技術研究センター）の記載「一軸圧縮強度が 0.5kgf/cm^2 ～ 1.0kgf/cm^2 であれば液状化しないと考えてもよい」を参照して、対象の改良地盤を液状化しない地盤材料とすることに問題ないか、一軸圧縮強度の観点から評価する。

本施設の液状化影響評価においては、改良地盤の一軸圧縮強度が上記基準以上の値（最小値 $3.1\text{MN/m}^2 \rightarrow 31.6\text{kgf/cm}^2$ ）が得られていることから、液状化しない地盤材料であると判断できる。

以上より、**本評価において液状化対象層は埋戻し土、改良地盤及び支持岩盤である鷹架層は液状化しない地盤材料として取り扱う。**

表 改良地盤の品質確認結果（一軸圧縮強度）

試料No.	一軸圧縮強度 qu (MN/m ²)	試料No.	一軸圧縮強度 qu (MN/m ²)	試料No.	一軸圧縮強度 qu (MN/m ²)	試料No.	一軸圧縮強度 qu (MN/m ²)
北-19-02	3.1	西-67-04	5.4	東-61-03	5.4	南-6-03	3.2
北-19-03	3.6	西-67-05	8.0	東-61-08	4.0	南-6-06	3.4
北-19-04	3.8	西-67-07	5.0	東-61-11	3.3	南-6-09	3.4
北-19-10	8.4	西-67-13	4.6	東-61-13	4.8	南-6-13	6.4
北-19-11	6.5	西-67-14	3.9	東-61-18	3.8	南-6-17	3.6
北-19-12	7.2	西-67-16	3.9	東-61-20	3.4	南-6-21	8.2
北-19-23	13.0	西-67-18	4.9	東-61-25	5.2	南-6-27	5.8
北-19-24	13.4	西-67-20	5.2	東-61-27	6.0	南-6-31	7.7
北-19-25	10.9	西-67-23	8.8	東-61-32	5.8	南-6-33	9.8
				平均値 : 5.90	基準値 : 3.0		
				標準偏差 : 2.69			

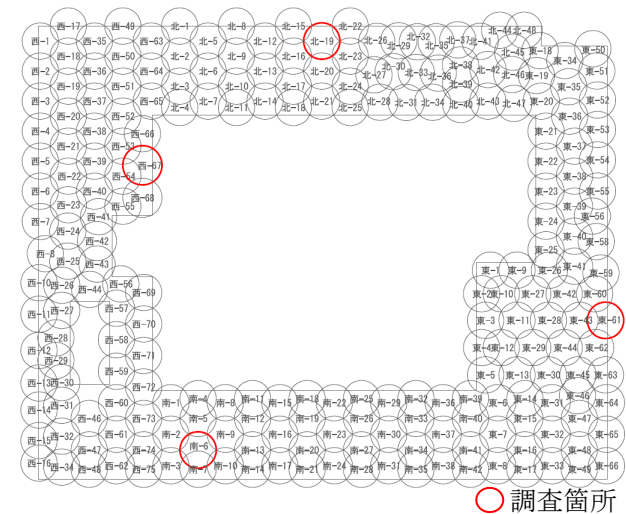


図 調査位置

②建物・構築物の設計用地下水位の設定

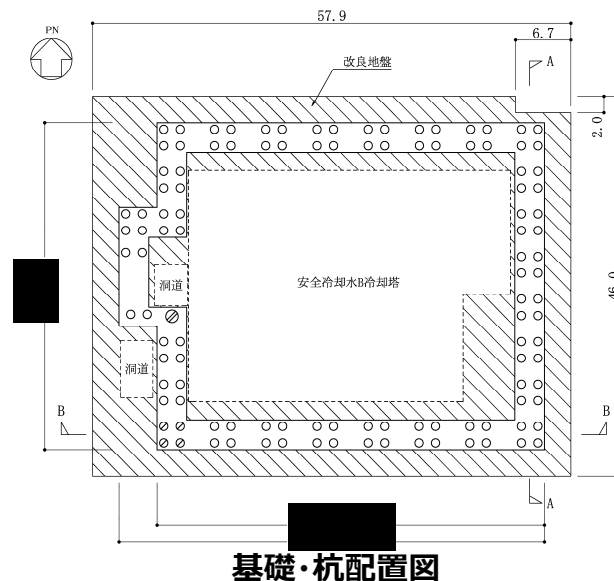
(4) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（評価の考え方）

■各施設の液状化影響評価

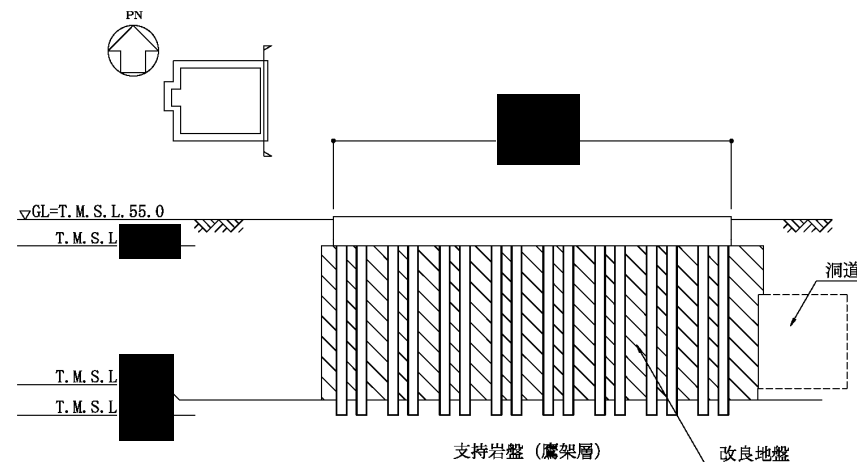
- 第1回申請対象施設における液状化影響評価対象施設である安全冷却水B冷却塔 飛来物防護ネットについて、具体的な液状化影響評価の考え方を以下に示す。
- その他の施設の具体的な評価手法については、各施設の申請回次にて示す。

■評価の考え方（安全冷却水系冷却塔B 飛来防護ネット）

- 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地震時に上部構造が「損傷、転倒及び落下」の観点で波及影響を及ぼさない設計とし、それを支持する基礎構造が終局状態に至らないことを確認する。
- 基礎構造は、杭基礎を採用しており、基礎及び杭の部材評価に加え、支持地盤の支持力及び引抜力が許容限界を超えないことを確認する。
- 液状化影響評価としては、液状化対象層と直接接触する改良地盤の範囲及び健全性を確認することで、改良地盤に支持される杭設計の妥当性を確認する。



基礎・杭配置図



基礎躯体形状図

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（評価の考え方）

<評価対象部位>

飛来物防護ネットの構成部材のうち、ネット基礎は液状化対象層と直接接するものの地下空間（内空）を有しておらず、耐震計算において地盤との相互作用（地盤ばね）を考慮していない設計手法としているため評価上の影響は受けない。

液状化対象層と直接接すること、杭の支持地盤であることから**改良地盤を評価対象部位として選定**し、①地盤の剛性低下及び②沈下・転倒に対する評価を実施する。

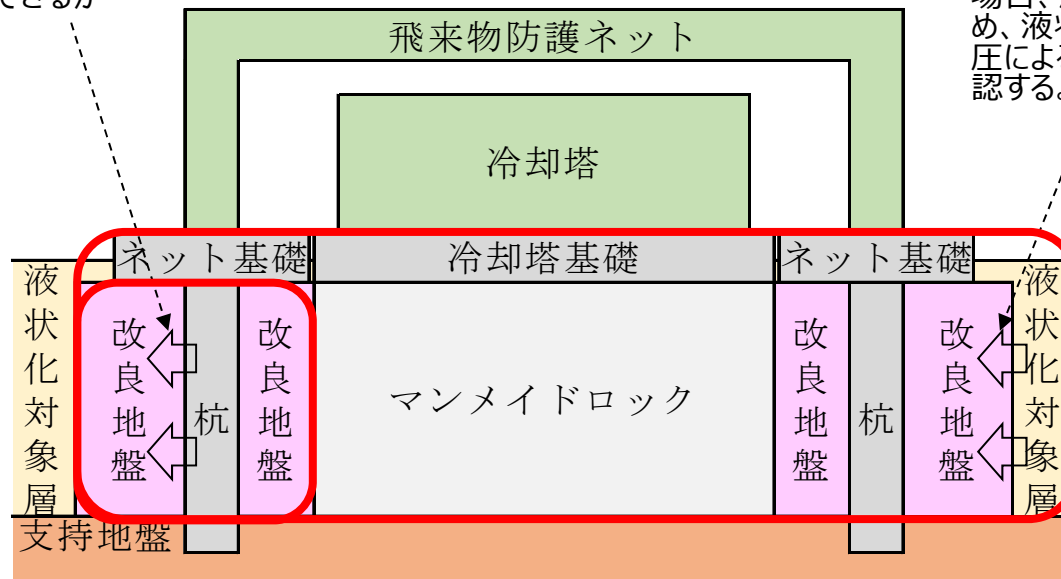
また、本施設の設置状況を評価対象に③側方流動及び④浮上りに対する評価を実施する。

①地盤剛性低下

液状化対象層の剛性に期待せず、改良地盤が杭を支持できるかを確認。

②沈下・転倒

液状化により支持層である改良地盤の健全性が担保出来ない場合、沈下・転倒の恐れがあるため、液状化対象層からの側方土圧による改良地盤の健全性を確認する。



③側方流動、④浮上り

設置状況により影響の有無を確認

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 (施設評価)

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、液状化対象層の剛性に期待せずとも、現状の改良地盤範囲にて杭を支持できることを確認する。

確認方法は、東海第二発電所での審査実績である「地盤改良範囲(幅)の妥当性検討」を参考に、上部構造物及び基礎から杭に伝達される杭の設計用水平力と「建築基礎構造設計指針」に基づく群杭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納まることを評価**する。

塑性水平地盤反力の算定において、粘性土地盤中の後方杭における塑性水平地盤反力の式に杭中心間距離に代えて杭と改良地盤縁の最短距離を用いる。

$$\{\text{設計用水平力}\} / \{\text{塑性水平地盤反力}\} < 1$$

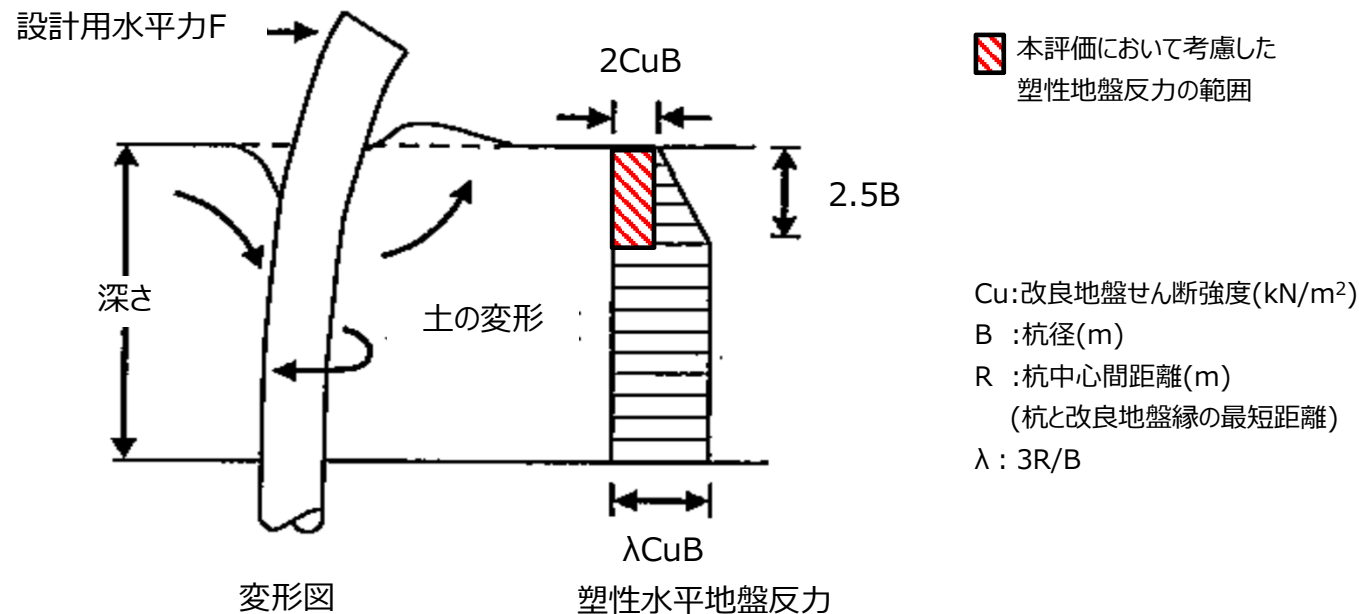


図 塑性水平地盤反力の概念図

②建物・構築物の設計用地下水位の設定

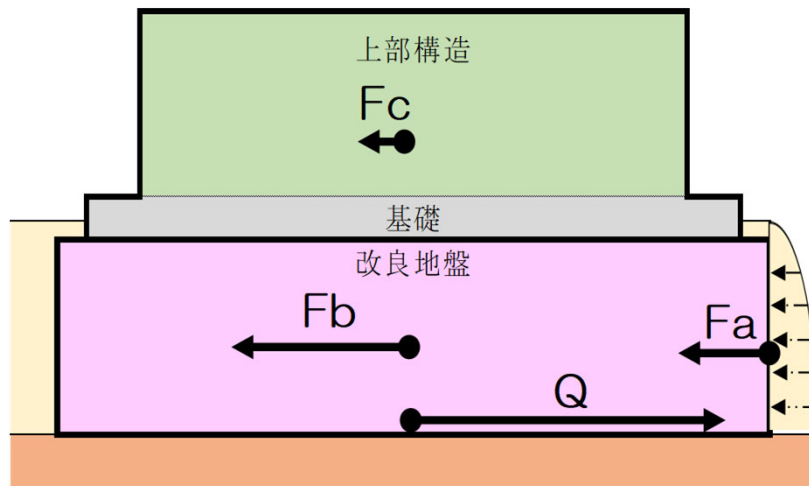
(6) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（施設評価）

② 沈下・転倒

飛来物防護ネットは杭基礎を介して改良地盤及び鷹架層により支持されるため、それら支持地盤の健全性を確認することで、沈下・転倒の恐れのないことを確認する。地盤液状化による荷重の増分としては、改良地盤に作用する側方土圧が想定されるため、**改良地盤の側方土圧を設定し、地盤改良体のせん断に対する健全性が確保されることを確認**する。

確認方法は、東海第二発電所での審査実績である「周辺地盤の液状化による杭の影響評価」を参考に、周辺地盤が液状化した場合に改良地盤に作用する評価用の側方土圧及び地震時の各種作用荷重（杭基礎の地震時慣性力及び上部構造から伝達される水平荷重）を設定する。側方土圧の設定において、有効応力解析による土圧に変わる簡易評価として改良地盤の側方に分布する液状化対象層の比重を有した液体による地震時の動水圧を「水道施設耐震工法指針」に基づきウエスタガード補正式を用いて算定する。

なお、ウエスタガード補正式は、自由液面を有する矩形水槽の壁面に作用する地震時動水圧を算定する際に用いる計算式であることから、液状化地盤により作用する土水圧に代わる簡易手法として適用性があることを暫定物性値に基づく**有効応力解析による土水圧により比較検証**する。



- Fa : 液状化対象層による動水圧 [ウエ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 [$F_a + F_b + F_c$]
- Q : 改良地盤のせん断耐力 [改良地盤の粘性力 × 抵抗面積]

本評価において考慮した

塑性地盤反力の範囲

$$\frac{\{\text{改良地盤に作用するせん断力}\}}{\{\text{改良地盤のせん断耐力}\}} < 1$$

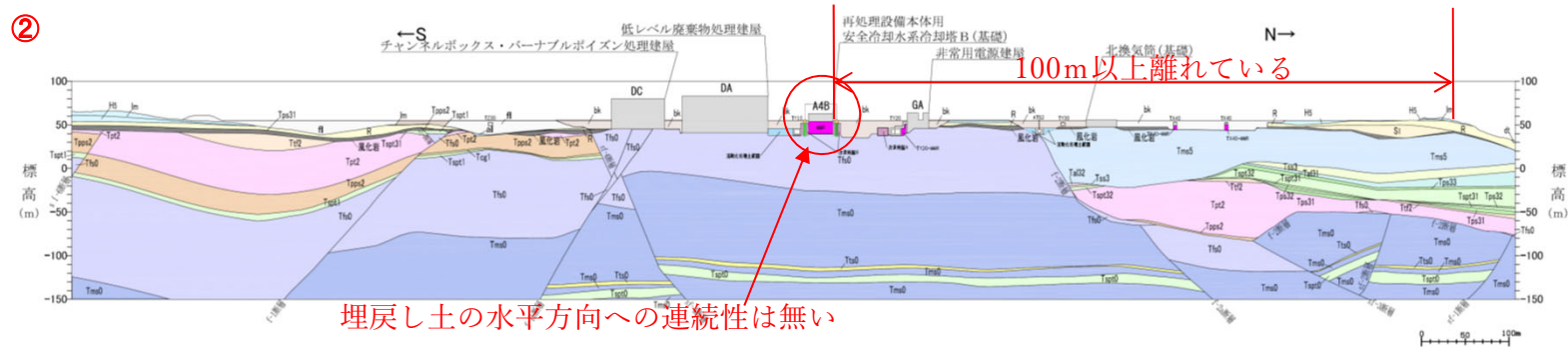
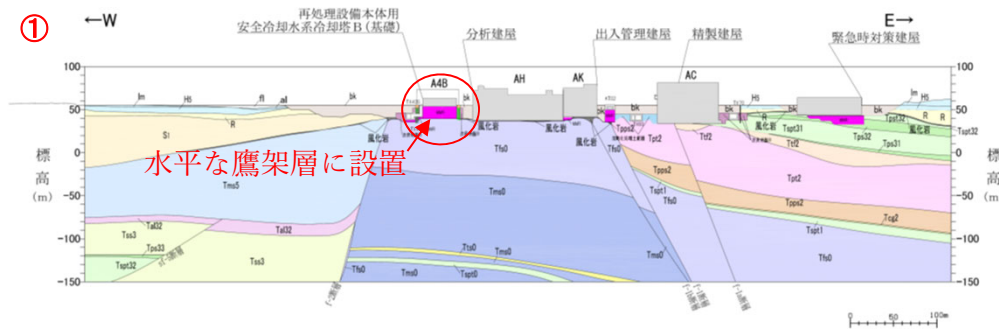
②建物・構築物の設計用地下水水位の設定

(6) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物 (施設評価)

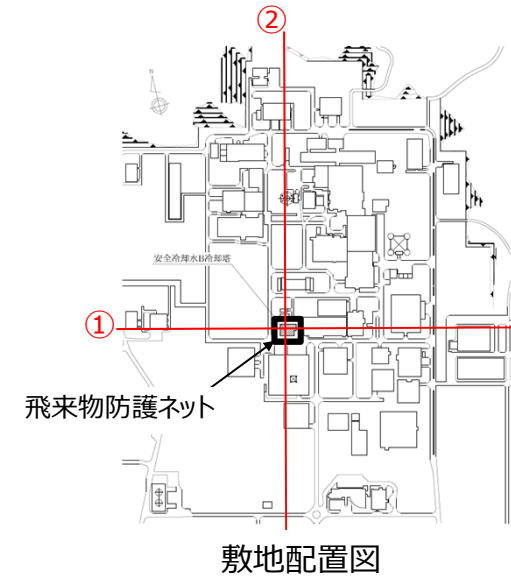
③ 側方流動

側方流動の影響については、「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」を判断基準として、飛来物防護ネットの設置条件を踏まえ、側方流動の影響の有無を確認する。

飛来物防護ネットが設置される基礎地盤は下図に示すとおり、鷹架層を台形上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から、液状化に伴う側方流動による施設に与える影響はないことが確認できる。



液状化影響評価対象施設の断面図



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（施設評価）

④ 浮上り

浮上りについては、「トンネル標準示方書[開削工法編]・同解説」（土木学会，1996年）（以下、「トンネル標準示方書1996」という。）において、図1に示すように、構造物と液状化対象層の位置関係に応じて考慮する作用荷重が示されている。これを踏まえ、浮上りの可能性の確認に当たっては、液状化対象層が各施設の下方にあるか否かを判断基準とする。浮上りの可能性の確認において液状化対象層が各施設の下方にあるか否かを判断基準とする。

飛来物防護ネットの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ることができる。

液状化対象層と飛来物防護ネットの接触状況は図2のとおりであり、改良地盤の底部より下方に存在しないため、**液状化に伴う浮上りの可能性はない**と判断できる。

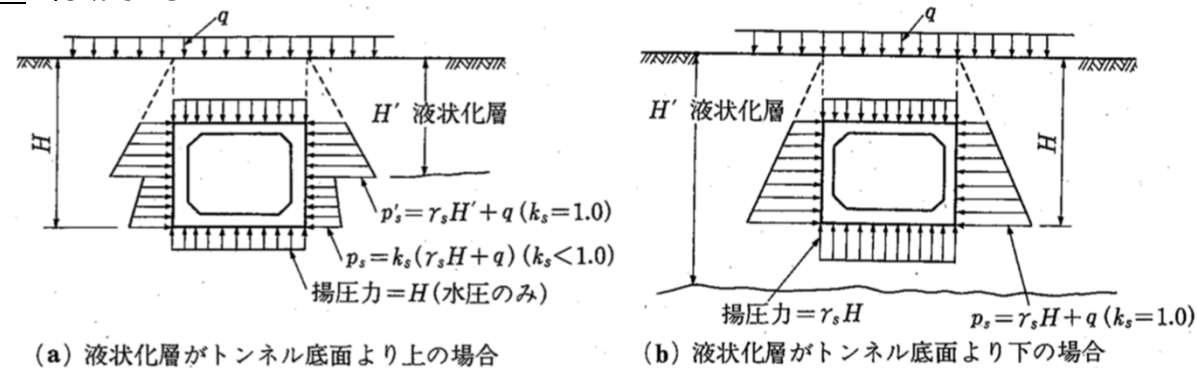


図1 構造物と液状化対象層の位置関係に応じた作用荷重

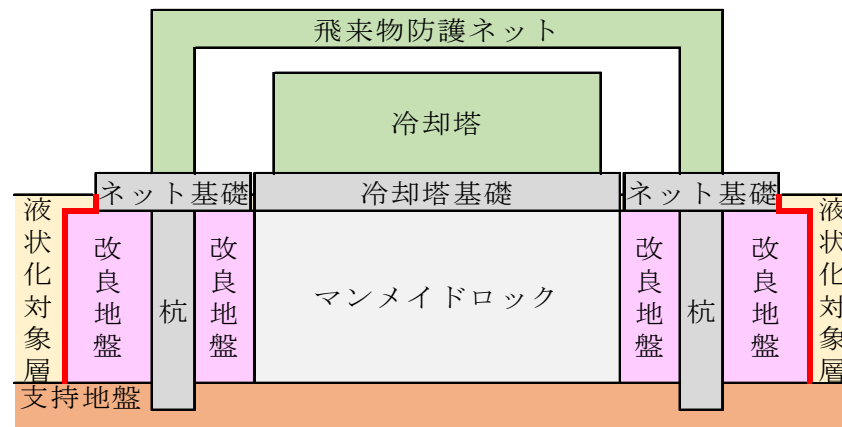


図2 構造物と液状化対象層の位置関係

②建物・構築物の設計用地下水水位の設定

(7) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物 (有効応力解析)

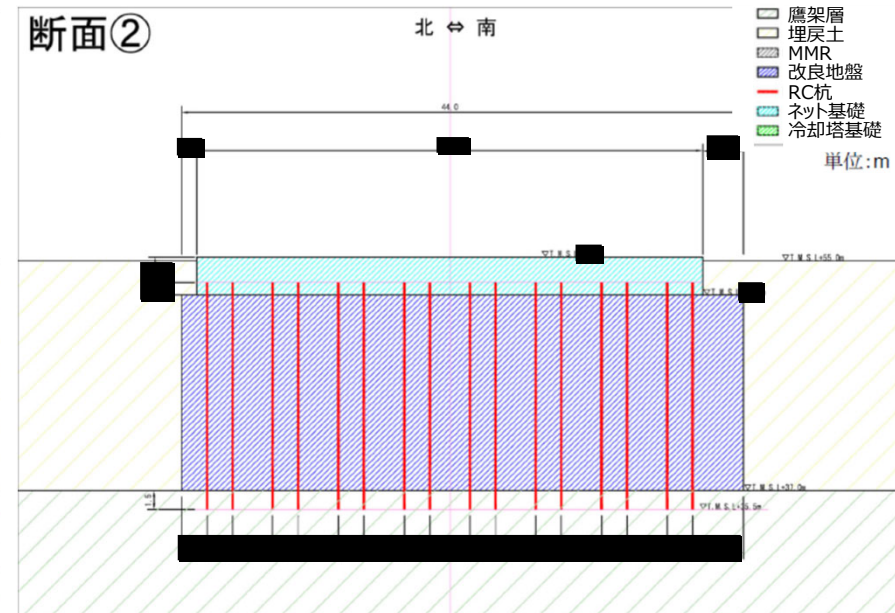
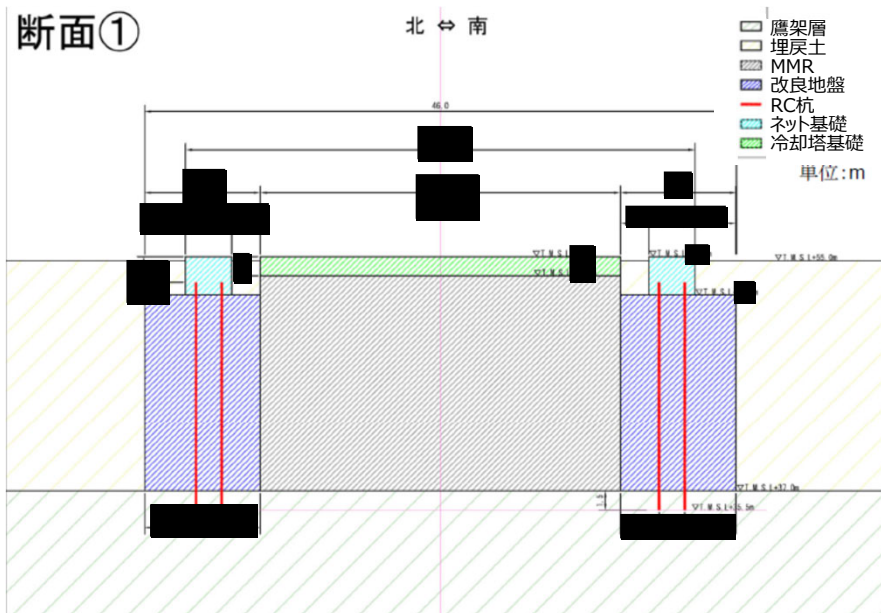
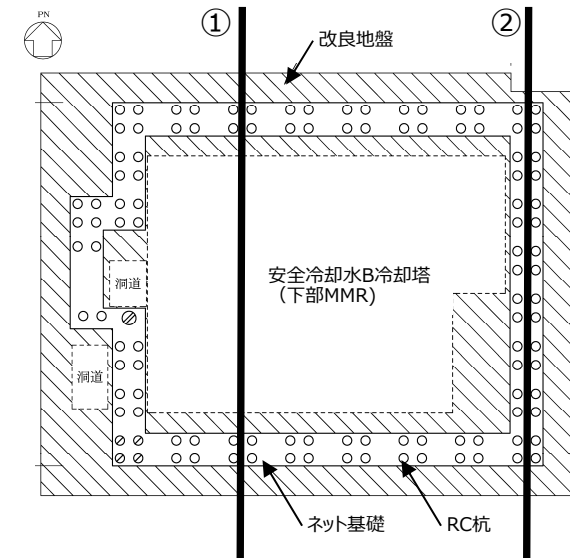
<概要>

有効応力解析により、基準地震動 S_s による液状化影響検討を実施し、剛性低下、沈下・転倒に対する代替手法（塑性地盤反力及びウエスタガード補正式）の検証を実施する。

解析プログラムは、「FLIP ROSE Ver7.4.1」とし、解析モデル断面は、側方の液状化対象層の影響を受けやすい施設の短辺断面のうち、冷却塔断面を含む中央部（断面①）及び改良地盤全断面を含み杭と改良地盤端部が最小となる断面（断面②）とする。

<解析条件>

- ・液状化対象層は、埋戻土とし、敷地内ボーリング調査結果をもとに設定した液状化強度特性を用いる。その他、改良地盤、鷹架層、MMR、冷却塔基礎、ネット基礎、鉄筋コンクリート杭をモデル化する。
- ・地下水水位は地表面とする。基準地震動 S_s のうち代表波を S_s -A、 S_s -C1とする。
- ・評価項目は、改良体側面に作用する側方土圧、改良地盤のせん断応力とする。



②建物・構築物の設計用地下水位の設定

(7) 地下水排水設備の外側に配置される建物・構築物（有効応力解析）

<有効応力解析結果>

(1) 土水圧分布の確認

特殊な荷重分布とならないことの確認する

(2) 側方土圧の確認

有効応力解析による土水圧とウエスタガード補正式による動水圧による荷重値の比較により液状化影響評価の妥当性を確認する。

(3) 改良地盤の健全性確認

改良地盤の応力状態（せん断応力）より改良地盤の健全性を確認する。

解析実施中（～7/19）

結果取得次第、評価取りまとめ、前倒しで資料提出いたします。

(参考) 有効応力解析に用いる物性値

<液状化に関する物性>

有効応力解析（FLIP）に用いる液状化強度特性は、液状化対象層の液状化強度試験結果に基づき、全試験結果を包絡するような液状化パラメータを設定する。

液状化対象層である埋戻土は施設全域に分布されており一定の管理のもと埋め戻されていることから、施設共通の値を設定する。

液状化強度試験試料を採取したボーリング位置図、液状化強度試験結果と設定した液状化強度特性を図1、2にそれぞれ示す。

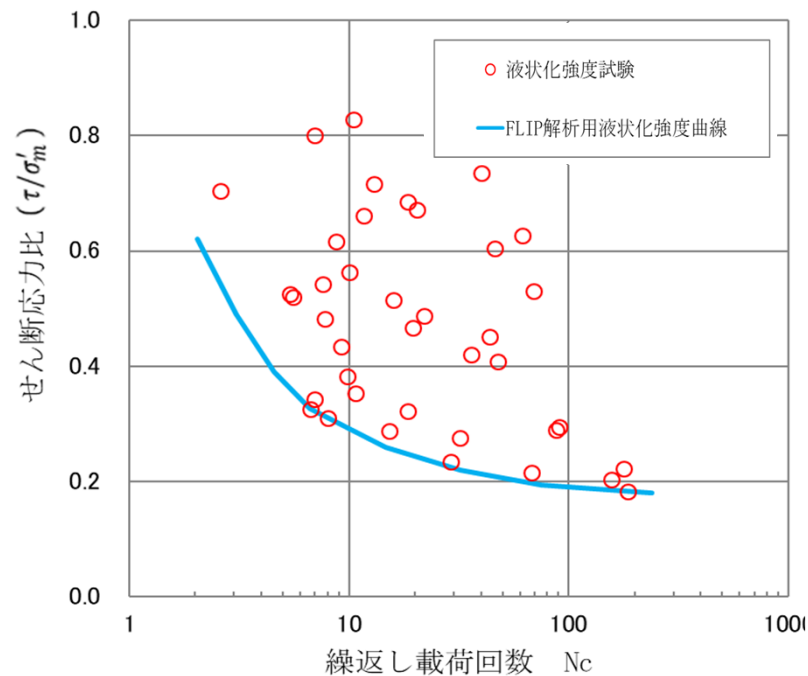


図1 液状化強度試験結果と強度特性（埋戻土）

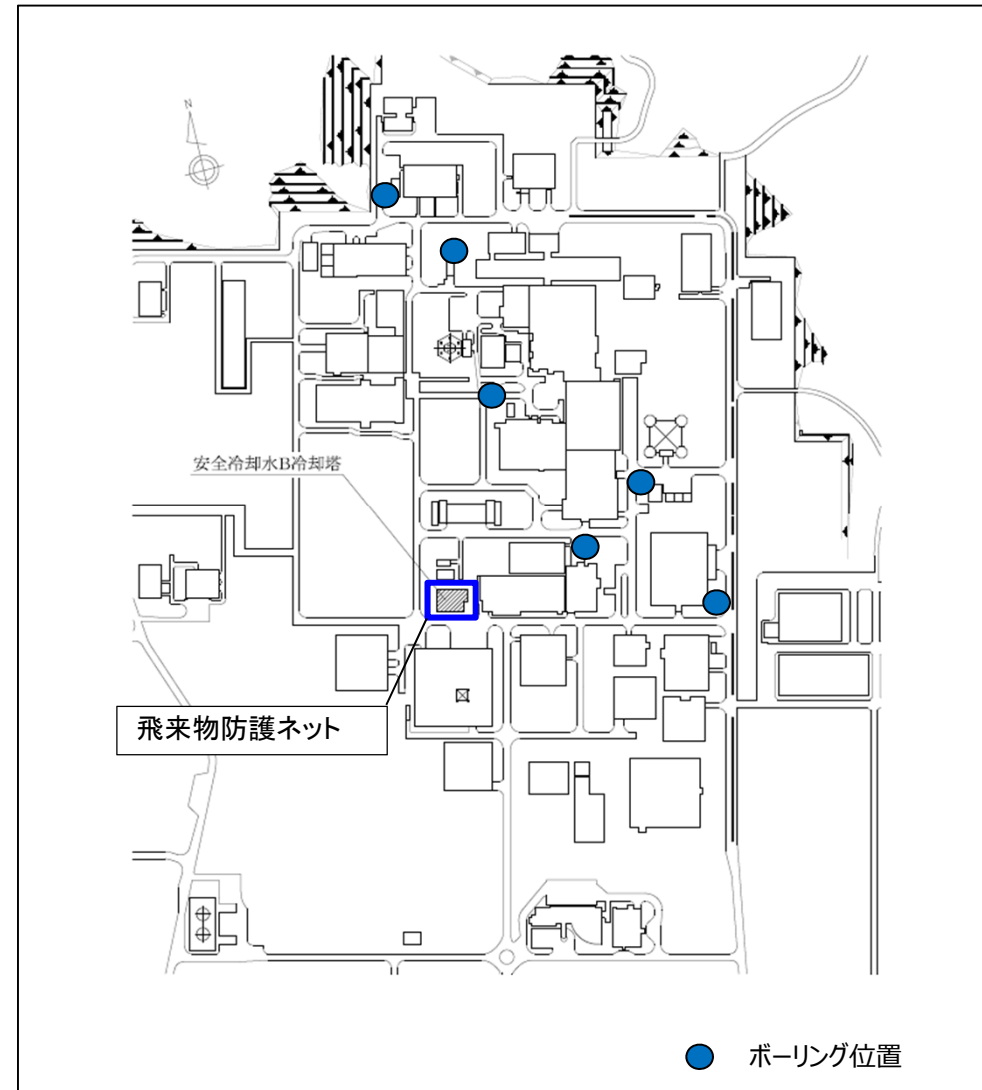


図2 埋戻土の液状化強度試験資料採取ボーリング位置図