

再処理施設 廃棄物管理施設 MOX燃料加工施設

設工認申請に係る対応状況

令和3年10月22日提出



日本原燃株式会社

10月12日審査会合での指摘事項

- **非液状化と液状化のそれぞれの評価手法について、同様な手法とすること。**
 - 目指すのは「用いる解析モデル、実施する解析ケース等は非液状化時と液状化時で同じであり、異なるのは非液状化時に『全応力解析』、液状化時に『有効応力解析』を用いる」というロジック（P4）
- **Ss13波すべてに対して検討評価を実施することを前提に、科学的合理性のある手法として、2次元の有効応力解析に比べて常に保守的な結果を与え、波及的影響を与えないことが評価できる手法についてしっかりと検討した上で今後の方針を設定すること。**
 - 液状化の範囲をより広範囲に設定するような、より保守的かつ合理的な解析モデル（以下、「合理的な解析モデル」という）を構築（P6）
（注：非液状化時においても同様のモデルで評価することを念頭）
 - 「合理的な解析モデル」による評価結果が、「詳細な2次元FEMモデル」に比べて保守的な結果を与えることを確認（注：非液状化時も同じ「詳細な2次元FEMモデル」で確認）
 - 「合理的な解析モデル」を用いてSs13波すべてに対する評価を実施
 - 保守的な評価であるが故に、評価結果は大きくなることが想定されるが、その場合においても冷却塔に対する波及的影響を及ぼさないことを立証
- **液状化の評価手法について、根拠をもって説明シナリオを構築すること。**
 - 評価手法、解析ケースなどについては、先行他社の表面的な模倣に留まることなく、当該施設や周辺地盤の条件に立脚した根拠付けを行う

本日の説明内容

飛来物防護ネット架構が冷却塔へ波及的影響を及ぼさないことを確認するための「評価ロジック」や「評価に用いる解析モデル」について、これまでの状況を踏まえ、改めて整理して示す。

■これまでの説明内容

- 液状化時の評価は2次元FEMモデルを用いて有効応力解析にて波及的影響を確認するとしていた。
- その際の検討用地震動は、全応力解析結果を踏まえ、施設への影響の大きいSs-A、Ss-C1を用いるとしていた。
- 「液状化時の評価（有効応力解析）」は「非液状化時の評価（全応力解析）」と同等以上であることから液状化時の評価も非液状化時と同様な設計対応が必要との認識に改めて、液状化時も全13波に対して評価することとした。
（2021年10月12日 審査会合）

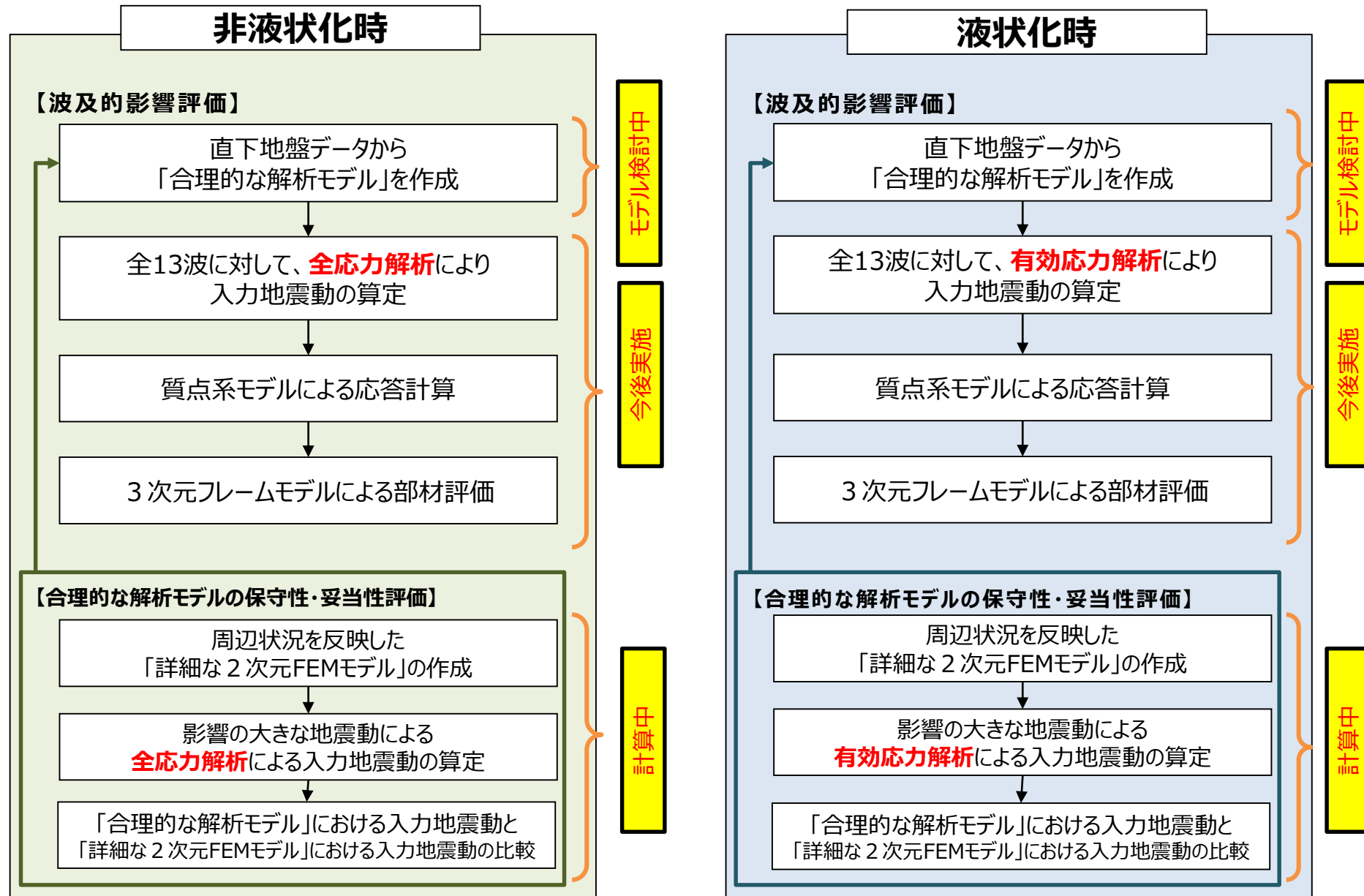
■本日の説明内容

- 非液状化時と液状化時の評価においては、同一の「合理的な解析モデル」を用いるものとし、「合理的な解析モデル」の保守性については、「詳細な2次元FEMモデル」との応答の比較をもって確認するロジックを示す。（P4）
- 13波による評価を合理的に行うため、「詳細な2次元FEMモデル」に比べて保守性を有し、且つ多数の解析ケースを実施可能な「合理的な解析モデル（案）」を示す。（P5、6）

■今後の説明予定事項

- 全体の評価プロセスの再整理
- 「合理的な解析モデル」の評価結果（全13波）
- 「合理的な解析モデル」の保守性・妥当性を「詳細な2次元FEM」との比較で示す（代表波）

波及的影響評価の検討ロジックと進捗状況



※ 赤字は「非液化化時」と「液化化時」の評価方法の差異を示す

「合理的な解析モデル」の概要

■「合理的な解析モデル」の設定に当たっての基本方針

1. 「合理的な解析モデル」に要求される条件

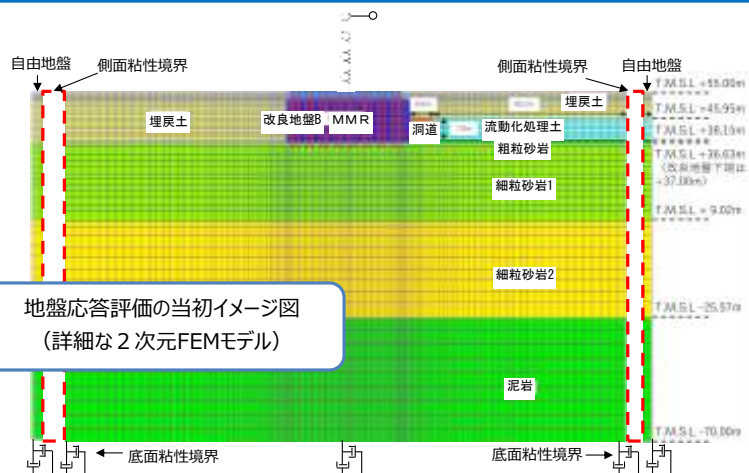
- ▶ 「詳細な 2 次元 FEM モデル」に比べて施設への影響が保守的であること。
- ▶ 非液状化時と液状化時で同じモデルであること（相違点は全応力解析か有効応力解析かの違い）
- ▶ 数多くの解析ケースの検討を実施可能であること。

※ 波及的影響を評価するための、「合理的な解析モデル（案）」を次頁に示す。

2. 今後の検討内容

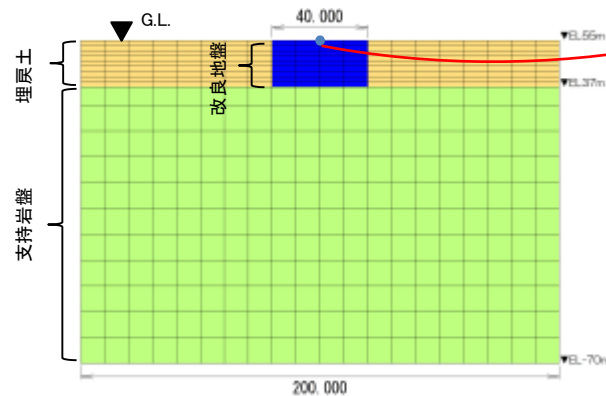
「合理的な解析モデル」の具体的なモデル化を行い、「詳細な 2 次元 FEM モデル」に比べて施設への影響が保守的であることを確認する。

「合理的な解析モデル」の概要



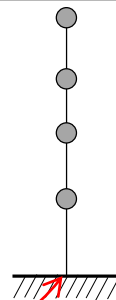
地盤応答評価の当初イメージ図
(詳細な2次元FEMモデル)

↓ 「合理的な解析モデル」を構築
(モデルの妥当性を今後確認)



簡便な2次元地盤FEMモデル(概念図)

上部架構質点系モデル
(概念図)



入力地震動
(地表 応答加速度)

■ モデルの特徴

- 施設の周辺を全て埋戻土と見なすことで、「詳細な2次元FEMモデル」に比べて、液状化による影響が大きくなり、評価の保守性が確保される。

- 施設の地中部分と上部架構の重量比を見ると、上部架構の応答が地盤部に与える影響は小さいと思われることから、地盤部と上部架構は分離モデルとする。なお、地盤モデルには上部架構の重量は考慮する。

【重量比】

地中部分 (杭+基礎+地盤改良) : 約96%
上部架構 (鉄骨+防護ネット) : 約4%

- 杭は地盤応答から応答変位法で別途評価することから、モデル化は行わない。

- 上部架構の周期特性を踏まえた最小メッシュ幅として要素数を抑制する。

- 「詳細な2次元モデル」に比べて解析負荷が小さい。

【要素数の比較】

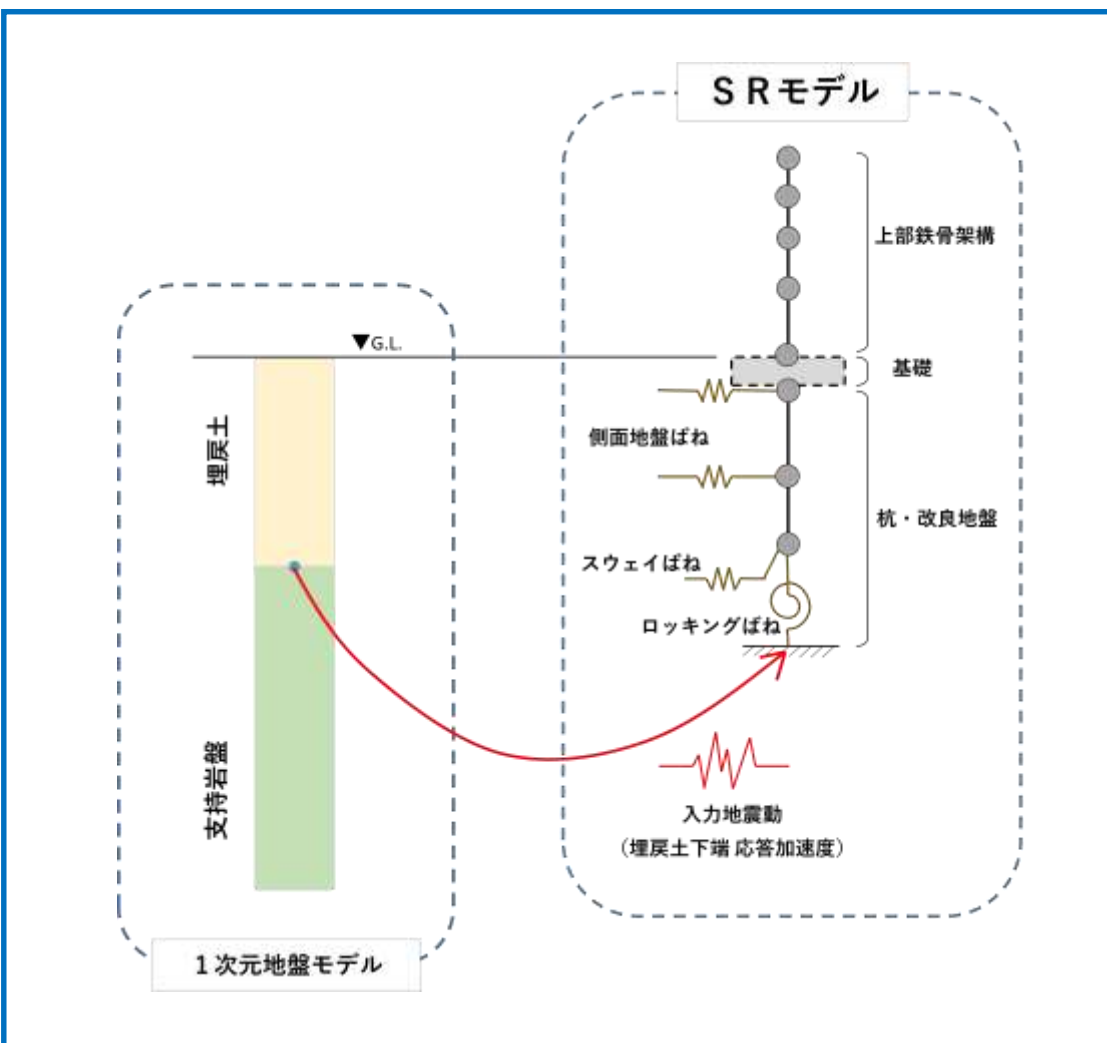
合理的な解析モデル : 約400
詳細な2次元FEM : 約10,000

■ モデル化の課題

- 「合理的な解析モデル」の妥当性確認が必要

【参考1】「合理的な解析モデル（当初の検討候補案）」

当初下図に示すモデルについても検討していたが、モデル化の妥当性の確認に、時間を有すると思われることから、採用を見送った。



■モデルの特徴

- 地盤からの施設へ作用する入力は、1次元地盤モデルで求めることが可能
- 2次元FEMで求められる施設の振動特性を、簡便な1次元の質点系の「SRモデル」で表現
- 解析に要する時間が短い

■モデル化の課題

- 有効応力解析時の地盤ばねの設定方法として確立された手法が無い（研究レベルで数例あり）
- 詳細な2次元FEMモデルに対して、明らかな保守性を確保するパラスタが必要。

【参考2】 地盤のばらつき評価用 地震動の選定の考え方（案）

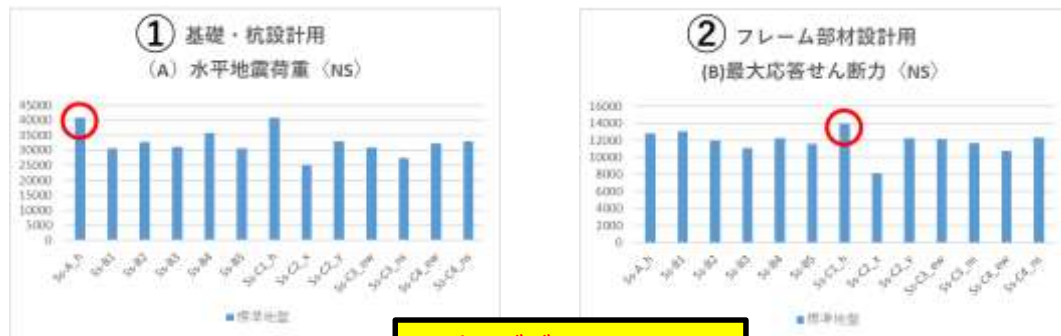
- 「合理的な解析モデル」による全応力解析と有効応力解析では標準地盤に対して全13波の基準地震動で評価を行う。
- 地盤のばらつき（ $\pm\sigma$ ）について検討する際の地震動は、施設の部材評価用の入力となる下記①～④が最大となる地震動を選定する。（具体的な地震動については「合理的な解析モデル」の解析結果を踏まえ今後選定する）
- 「合理的な解析モデル」の妥当性・保守性の検討に用いる地震動についても上記と同様に選定し、2次元FEMモデルで評価する。

【杭・基礎】

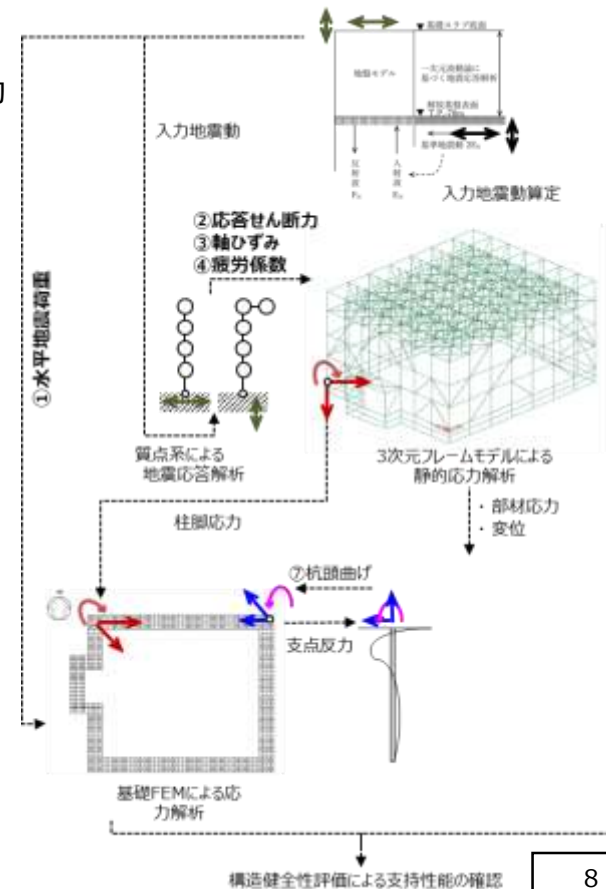
- ① 杭や基礎の部材設計に用いる「**水平地震荷重**」の最大値を発生させる地震動

【上部鉄骨架構】

- ② フレーム部材設計に用いる「**各層の応答せん断力**」の最大値を発生させる地震動
- ③ 座屈拘束ブレースの「**軸ひずみ**」の最大値を発生させる地震動
- ④ 座屈拘束ブレースの「**疲労係数**」の最大値を発生させる地震動



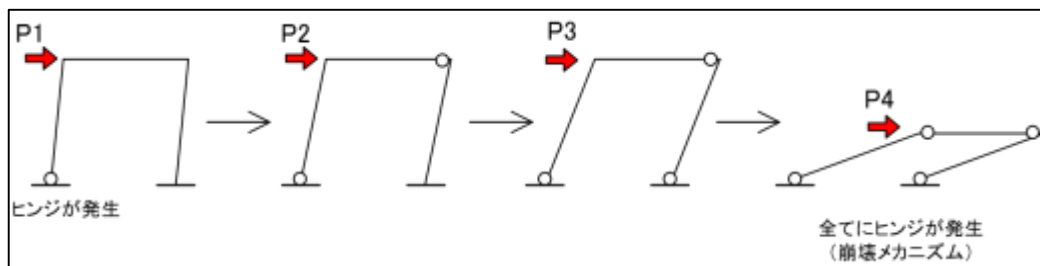
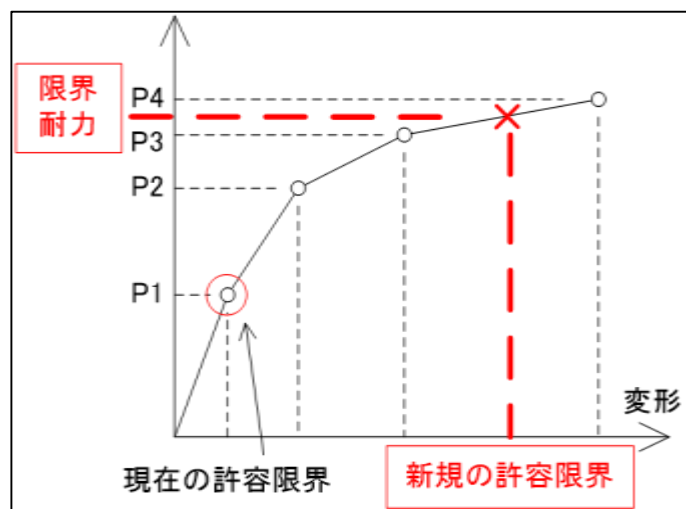
選定エビデンスのイメージ



【参考3】上部鉄骨架構の応答が過大になった際のクライテリア（案）

「合理的な解析モデル」において、過度に保守的な応答が生じた際に、現状のクライテリアでは健全性を示せない可能性がある。ここでは上部鉄骨架構が過度に保守的な応答が生じた際にも、冷却塔へ波及的影響を及ぼさないことを、確認する方法とクライテリアを今後検討する。

- 三次元フレームモデルで増分解析を行い、崩壊メカニズムを確認する。
- 増分解析結果において、①層間変形角、②応答塑性率、③ A4B冷却塔との変形限界(クリアランス)などから、変形許容限界を設定
- 崩壊メカニズムに至るまでの非線形性を考慮した地震応答解析を実施する。
- 応答解析結果において、層間変形角が、許容変形限界に至らないことを確認する。
- 座屈拘束ブレースに生じる最大ひずみ・疲労に対し、許容値以下であることを確認する。



架構の崩壊メカニズムのイメージ図

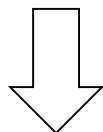
架構が崩壊に至る「力」と「変形」のイメージ図

【参考4】 今後のスケジュール

飛来物防護ネット架構の評価に係る今後のスケジュールは以下の通り。

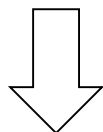
波及的影響評価に用いる
「合理的な解析モデル」の説明

10/E（本日）：ヒアリング



- ・「合理的な解析モデル」の具体的なモデル化
- ・モデルの保守性・妥当性の説明（代表波による試計算）

11/M：ヒアリング～審査会合



- ・「合理的な解析モデル」による波及的影響評価（13波）
- ・「詳細な2次元FEMモデル」による保守性の確認（代表波）

12/B：ヒアリング～審査会合