

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第845回

令和2年3月10日（火）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第845回 議事録

1. 日時

令和2年3月10日（火） 13：30～17：40

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

山中 伸介 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

山形 浩史 緊急事態対策監

川崎 憲二 安全管理調査官

名倉 繁樹 安全管理調査官

江寄 順一 企画調査官

植木 孝 主任安全審査官

宇田川 誠 主任安全審査官

千明 一生 主任安全審査官

津金 秀樹 主任安全審査官

服部 正博 主任安全審査官

羽場崎 淳 主任安全審査官

照井 裕之 安全審査官

寺垣 俊男 技術研究調査官

日南川 裕一 技術参与

山浦 良久 技術参与

中国電力株式会社

北野 立夫 常務執行役員 電源事業本部長 副本部長

河野 倫範 電源事業本部 部長（電源建築）

谷浦 亘	電源事業本部	担当部長（原子力管理）
阿比留 哲生	電源事業本部	担当部長（電源建築）
田村 伊知郎	電源事業本部	マネージャー（原子力耐震）
朝倉 弘晃	電源事業本部	担当課長（原子力耐震）
大久保 厚志	電源事業本部	担当（原子力耐震）
室 大志	電源事業本部	担当（原子力耐震）
橋本 隆	電源事業本部	マネージャー（耐震設計建築）
落合 悦司	電源事業本部	副長（耐震設計建築）
畑 治広	電源事業本部	担当（耐震設計建築）
小杉 宗	電源事業本部	担当（耐震設計建築）
大熊 晃一路	電源事業本部	担当（耐震設計建築）
柏木 俊弥	電源事業本部	担当（耐震設計建築）

4. 議題

- (1) 中国電力（株）島根原子力発電所2号炉の設計基準への適合性について
- (2) その他

5. 配付資料

- 資料1-1-1 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答）
[水平方向の原子炉建物－大型機器連成モデルの変更（原子炉圧力容器スタビライザのばね定数変更を含む）他]
- 資料1-1-2 島根原子力発電所2号炉 審査会合における指摘事項に対する回答一覧表（第4条、第39条（地震による損傷の防止））
- 資料1-1-3 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止
- 資料1-2-1 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答）
[建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）]
- 資料1-2-2 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答）
[建物・構築物の地震応答解析における入力地震動の評価]
- 資料1-2-3 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答）

[基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用について]

資料1-2-4 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答）

[原子炉建物屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の適用について]

資料1-2-5 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止

6. 議事録

○山中委員 定刻になりましたので、ただいまから原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、第845回会合を開催します。

本日の議題は、中国電力株式会社島根原子力発電所2号炉の設計基準への適合性についてです。

本日は、プラント関係の審査ですので、私が出席いたします。

それでは、議事に入ります。

資料について説明を始めてください。

○中国電力（北野） 中国電力の北野でございます。

本日は実施による損傷防止の御指摘事項の回答でございますが、まずは大型機器錬成モデルの変更、サプレッション・チェンバ内部質量の考え方の変更、そして弁の動的機構批准評価につきまして、二つのパートに分けて御説明し、都度、御質問等をお受けしたいと考えております。

それでは、電源事業本部担当課長の朝倉のほうから御説明させていただきます。

○中国電力（朝倉） 中国電力の朝倉です。

資料1-1-1を用いて、水平方向の原子炉建物－大型機器錬成モデルの変更（原子炉压力容器スタビライザのばね定数変更を含む）他について説明させていただきます。

それでは1ページをお願いいたします。1ページから2ページに、令和元年10月8日及び12月17日の審査会合での指摘事項を示しております。

まず、論点Ⅱ-13とⅡ-11に関する指摘事項、No. 25-1から26-3について説明させていただきます。

3ページをお願いいたします。それでは、指摘事項と回答について説明させていただきます。

指摘事項のNo. 25-1ですが、指摘事項としては、「原子炉格納容器－原子炉压力容器－

炉内構造物モデル」による原子炉格納容器及び原子炉圧力容器等の固有値及び応答値と、「原子炉格納容器－原子炉圧力容器モデル」による解析結果との比較、考察を説明することとなります。

回答のまとめとしましては、水平方向の原子炉建物－大型機器連成解析モデルについて、「PCV-RPVモデル」を「PCV-RPV-Rinモデル」に変更した影響を検討するため、それぞれのモデルを用いた固有値解析及び地震応答解析を実施し、以下のとおり、モデル変更による地震応答への影響は軽微であることを確認しました。詳細を4ページ以降で説明いたします。

4ページをお願いいたします。モデル変更による影響検討として、PCV-RPVモデルをPCV-RPV-Rinモデルに変更した影響を検討することを目的に、下の表に示す影響検討モデル1と今回工認モデルを比較対象として、固有値解析と地震応答解析を実施しました。

解析モデル図に示すように、今回工認モデルでは、RPVの中の部内構造物を組み込んだモデルとなっております。モデルの変更による影響を確認するため、ばね定数については表の中断に示すように両モデルで統一し、地震応答解析に用いる地震動はSs-Dで共通としました。

5ページをお願いします。検討結果を示します。

まず、固有値解析結果ですが、下の表に示すように、固有周期の変動は最大でEW方向の2次モードで4%程度と差は小さいことが分かります。次紙以降に各振動モードのモード図をお示します。

6ページをお願いします。6ページではNS方向の振動モードを示しております。

本資料では、代表としてRPVが卓越部位となるものの、第2次と第5次モードを示しております。振動モードの変形状態は、影響検討モデル1と今回工認モデルでよく一致していることが分かります。

7ページをお願いします。7ページではEW方向の振動モードを示しております。NS方向同様、振動モードの変形状態は、影響検討モデル1と今回工認モデルでよく一致していることが分かります。

8ページをお願いします。8ページはNS方向の地震応答解析の結果を示しております。代表的な部位の荷重を比較しており、荷重としては設備の強度評価で支配的となるせん断力、モーメントを比較しました。影響検討モデル1と今回工認モデルでは、概ね荷重が一致しております。

9ページをお願いします。9ページはEW方向の地震応答解析結果を示しております。NS方向と同様、荷重は概ね一致していることが分かります。

以上のように、PCV-RPVモデルをPCV-RPV-Rinモデルに変更したことによる地震応答への影響は軽微であることを確認しました。

No. 25-1の指摘事項に関する回答は以上となります。

10ページをお願いします。10ページはNo. 25-2の指摘事項への回答となります。

指摘事項としては、RPVスタビライザのばね定数の変更について、今回工認では、既工認で考慮していた部材に加えて、ガセット、ワッシャ等の剛性も考慮している結果、ばね定数が3割程度下がっている。どの部材がばね定数低下に寄与しているか、各部材のばね定数等を提示した上、説明することとなります。

回答をページの下部に示しております。左側の図に、今回工認でばね定数の算出に考慮した部材を示しています。右側の表に各部材のばね定数を示します。

今回、ばね定数算出の対象とした部材のうち、ばね定数が小さい部材としては、ヨークの引張とガンマ線者塀壁ブラケットが挙げられます。今回工認では、これらの部材をばね定数に考慮することにより、直列ばねの成分が増えて、全体のばね定数が低下しております。

11ページをお願いします。11ページでは、RPVスタビライザのばね定数の算出方法を示しております。ここに示しますように、各部材のばね定数を直列ばねとして加えるため、ばね定数が小さい部材を含め、考慮する部材が増えることで、RPVスタビライザ全体のばね定数が小さくなっております。

No. 25-2の指摘事項への回答としては以上となります。

12ページをお願いします。12ページは、No. 26-1及び26-2の指摘事項と回答となります。

指摘事項としては、No. 26-1が、PCVスタビライザのばね定数について、今回工認では既工認から約3分の2に低減している。既工認モデルではパイプがトラスとして扱われて、軸方向の変形のみ考慮されるが、今回工認モデルではパイプとシヤラグは剛接合としてせん断や曲げ変形を受けて剛性が変わること等が要因として考えられる。これらを含めて、ばね定数の相違理由について考察し、妥当性について説明すること。

No. 26-2が、今回工認モデルと参考モデルのばね定数について、モデルの設定根拠、設定条件等の詳細を示した上で、結果が異なる理由を説明することとなります。

回答のまとめとしては、今回工認のPCVスタビライザのばね定数が既工認値から低下す

る要因を考察した結果、以下のとおり、今回工認におけるPCVスタビライザのばね定数は妥当であることを確認しております。回答の詳細を13ページ以降で説明しております。

13ページをお願いします。御指摘いただいたコメントに回答するに当たり、13ページの表に示す四つのモデルを用いて比較検討を行いました。

参考モデル I-1は、既工認のトラス1対モデルをFEMモデルで再現したモデルです。パイプの端部はピン結合としております。参考モデル I-2は、トラス1対について、ガセットプレートと内側シヤラグを剛体としてモデル化し、パイプのみ曲げ及びせん断剛性を考慮したモデルです。パイプとガセットプレート、シヤラグの結合は、剛結合としています。パイプの長さはガセットプレートとシヤラグの分だけ短くなっています。参考モデル II は、前回審査会合で参考モデルと呼んでいたモデルです。こちらは、トラス1対について、パイプに加えてガセットプレート及び内側シヤラグの剛性を考慮したモデルとなっています。パイプの結合条件は剛結合です。今回工認モデルは、参考モデル II と基本的に同じですが、全トラスを考慮したモデルとなります。

14ページをお願いします。解析結果と考察を示します。

表に示す値がばね定数の解析結果となります。トラス1対の値を4倍することで、全体のばね定数が計算されます。

表の下のグラフを見ていただきますと、左から既工認の手計算によるばね定数、参考モデル I-1、参考モデル I-2、参考モデル II、今回工認モデルの結果を示しており、参考モデル I-2のばね定数が大きくなり、参考モデル II でばね定数が小さくなっていることが分かります。

この結果の考察を左側に示しております。まず、既工認の手計算と参考モデル I-1のばね定数が同じであることから、FEMモデルが既工認の手計算と同等であることが確認できます。参考モデル I-1から I-2での変化としては、参考モデル I-2でばね定数が大きくなっております。参考モデル I-2では、パイプのみ曲げとせん断変形ができるようにしたモデルですが、この結果からパイプの曲げ、せん断剛性は、ばね定数の低下にはあまり寄与しておらず、パイプの長さが短くなったことにより、ばね定数が大きくなっております。

参考モデル II では、参考モデル I-2からばね定数が低下しています。参考モデル II では、参考モデル I-2からガセットプレートと内側シヤラグが変形できるように変更したものです。この結果から、ガセットプレートと内側シヤラグの剛性を考慮したことが、PCVスタビライザのばね定数低下に大きく寄与していることが分かります。

参考モデルⅡと今回工認モデルの比較ですが、前回審査会合でコメントいただいたとおり、今回工認モデルでは、ややばね定数が小さい結果となっています。これは右下の図に示しますように、今回工認モデルでは、全体のトラスを考慮しているため、ガセットプレートが隣り合うパイプからの荷重を受けますが、参考モデルⅡでは、1対のトラスのみ考慮しているため、隣り合うパイプからの荷重はなく、変形が小さくなっていることが原因と考えております。

以上の考察から、各部材の剛性を考慮することで、現実的なばね定数を算出し、その中でガセットプレートと内側シヤラグを考慮したことがPCVスタビライザのばね定数低下に大きく寄与していることが分かりました。

No. 26-1及び26-2の指摘事項への回答は以上となります。

15ページをお願いします。15ページは、No. 26-3の指摘事項と回答のまとめを示しております。

指摘事項としては、PCVスタビライザ及びRPVスタビライザのばね定数が既工認から有意に変わっていることにより、RPV等の固有周期や、PCVスタビライザ及びRPVスタビライザの反力、炉内構造物等を含む各部位の応答値がどの程度変化するのか、整理して説明することとなります。先ほど御説明したRPV及びPCVスタビライザのばね定数の変更に伴う影響についての御指摘となります。

回答のまとめとしては、水平方向の原子炉建物－大型機器連成解析モデルについて、PCV及びRPVスタビライザのばね定数を変更した影響を検討するため、これらのばね定数を変更した連成モデルの固有値解析及び地震応答解析を実施し、妥当な結果が得られていることを確認しております。回答の詳細を16ページ以降に示します。

16ページをお願いいたします。まず、ばね定数変更による影響検討として、PCV及びRPVスタビライザのばね定数を変更した影響を検討することを目的に、下の表に示す影響検討モデル2と、今回工認モデルを比較対象として、固有値解析と地震応答解析を実施しました。

表に示すように、モデルはどちらもPC-RPV-Rinのモデルとしております。二つのモデルの違いは、PCVスタビライザのばね定数を既工認の値とするか今回工認の値とするかの違いとなります。地震応答解析に用いる地震動はSs-Dで共通としました。

17ページをお願いします。検討結果を示します。

まず、固有値解析結果ですが、下の表に示すように、RPVの応答が卓越するもので、固

有周期が最大で、EW方向で9%長くなることと、その他の固有周期の変化は小さいことが分かります。次紙以降に、各振動モードのモード図を示します。

18ページをお願いします。18ページでは、NS方向の第1次、第2次振動モードの形状の比較を示しております。原子炉建物や燃料集合体の振動モードの変形形状が一致していることが分かります。

19ページをお願いします。19ページでは、NS方向の第3次、第4次振動モードの形状の比較を示しております。炉心シュラウドやRPVの振動モードの変形形状も一致しております。

20ページをお願いします。こちらはEW方向の第1次、第2次振動モードの形状の比較を示しています。NS方向と同様に、振動モードの形状は一致しております。

21ページをお願いいたします。本ページでは、EW方向の第3次、第4次振動モードの形状の比較を示しております。こちらもNS方向と同様、変形形状は一致していることが分かります。

22ページをお願いします。22ページでは、主要設備のNS方向の地震応答解析結果を示しております。NS方向ではRPV支持スカート基部、ガンマ線遮蔽壁基部、RPVペデスタル基部、シヤラグなどで、荷重が比較的大きくなっております。また、RPVスタビライザやPCVスタビライザでは過重が小さくなっております。

23ページをお願いします。23ページでは、主要設備のEW方向の地震応答解析結果を示しております。EW方向では、NS方向とは異なり、RPV支持スカート基部、ガンマ線遮蔽壁基部、RPVペデスタル基部、シヤラグで荷重が小さくなっております。また、RPVスタビライザやPCVスタビライザでは、NS方向と同様に荷重が小さくなっておりますが、NS方向よりもさらに荷重が小さくなっていることが分かります。NS方向とEW方向でこのような傾向の違いが生じることについて、要因を検討いたしました。

24ページをお願いします。先ほど御説明いたしました22ページ、23ページに示す地震応答解析結果から、RPV支持スカート基部、ガンマ線遮蔽壁基部、RPVペデスタル基部、シヤラグでは、ばね定数の変更により、NS方向では荷重が大きくなるのに対し、EW方向では荷重が小さくなっております。

また、今回工認モデルにおけるRPVスタビライザ、PCVスタビライザでは、NS、EW、いずれの方向でも荷重が小さくなっておりますが、EW方向ではNS方向よりもさらに小さい結果となっております。この要因を、ばね定数の変更によるスペクトルと固有周期の変化に基づき検討いたしました。

左側のグラフを御覧ください。グラフはばね定数を変更したRPVスタビライザとPCVスタビライザに直接接続されているガンマ線遮蔽壁基部のスペクトルを示しております。上側のグラフがNS方向、下側のグラフがEW方向の床応答スペクトルと固有周期の関係を示しております。グラフの横軸は固有周期、縦軸は震度です。グラフ中で点線で示しているのがばね定数変更前の影響検討モデル2の床応答スペクトル、実線が今回工認モデルのスペクトルです。

上側のNS方向のグラフでは、ばね定数の変更により、床応答スペクトルと固有周期がそれぞれ変化し、固有周期に対応する加速度が大きくなります。一方、下側のEW方向のグラフでは、固有周期に対応する加速度が小さくなっていることが分かります。

右の表の一番下の行に、ばね定数の変更による加速度の変化の比率を示しております。NS方向では1.15倍と大きくなり、EW方向では0.77倍と小さくなっております。RPV支持スカート基部、ガンマ線遮蔽壁基部、RPVペDESTAL基部、シヤラグの地震応答解析結果で得られたNS方向とEW方向の応答の変化の違いは、このような要因によるものと考えております。RPVスタビライザやPCVスタビライザでも、ばね定数が低下することで分担する荷重が小さくなるとともに、今御説明したような床応答スペクトルと固有周期の関係で、方向による荷重の違いが出てきているものと考えられます。

No. 26-3の指摘事項への回答は以上となります。

以上で、指摘事項No. 25-1から26-3についての回答を終了いたします。

○山中委員 それでは、質疑に移ります。質問、コメントございますか。

○植木審査官 規制庁、植木です

私からちょっと2点確認させてください。10ページをお願いします。RPVスタビライザを、今回ばね定数の見直しということで、表の右下にあるように、既工認に比べて今回工認が6割程度になっているということで、今回工認のばね定数は、細かくばね定数を出して、それを合成したということなんですけれども、解析としての検討は理解しましたけれども、この最終的なばね定数について、既往の試験で確認されているとか、そういうものはないでしょうか。

○中国電力（室） 中国電力の室です。

既往試験としましては、平成3年に行われましたNUPECの信頼性実証試験、こちらのほうでRPVを模擬した実証試験が行われています。その中でスタビライザについても破棄を模擬した状態で試験をしております。こちらの、そのような検討を、結果としてこちらも持

ち合わせてございます。

以上です。

○植木審査官 規制庁、植木です

その結果から、今回のばね定数の値に対して、何か考察というか、いうのはできないんですか。

○中国電力（朝倉） 中国電力の朝倉です。

NUPECの試験結果につきましては、内容を確認いたしまして、その島に2号炉と同じものなのかというところも含めて、検討していく必要があると考えてございます。

これにつきましては、詳細設計段階にて、どんなことが確認できるかというところ、検討してまいりたいと思います。

○植木審査官 規制庁、植木です

例えば、その結果からよく分からない場合は、新規で試験をしてみるとか、そういうことも含めて、ちょっと詳細設計段階で、このばね定数の妥当性について、より詳細に検討をお願いしたいと思っておりますが、どうでしょうか。

○中国電力（朝倉） 中国電力の朝倉です。

承知いたしました。詳細設計段階にて検討させていただきます。

○植木審査官 規制庁、植木です

お願いします。

あともう一点は、24ページをお願いします。RPVスタビライザとPCVスタビライザのばね定数を変更した際の荷重の変更の理由に関して、床応答スペクトルの比較で考察が行われています。

上の図がNS方向で下の図がEW方向で、ちょっと傾向が変わっているということなんですけれども、ちょっとNS方向についてお聞きしたいんですけれども、NS方向については、RPV系の固有周期が長周期化することによって、床応答スペクトルが大きい方向になっているということです。これに関して、17ページに固有値解析の結果がありまして、これの上の表で、NS方向なんですけれども、4次の固有周期で影響検討モデルが0.102秒で、今回工認モデルが0.110秒ということです。

あともう一つ、この表には書いていないんですけれども、原子炉建物の2次の固有周期が前のほうにありまして、5ページですね、5ページの前の検討で、上の表で建屋の2次の固有周期が3次モードで0.098秒というふうになっています。

17ページに戻って、先ほどの4次のRPVの固有周期、0.102秒と0.110秒、それから先ほどの原子炉建物0.098秒を併せますと、影響検討モデルのほうがその原子炉建物2次の固有周期にかなり近くてですね、今回工認モデルは逆に建物2次の固有周期から離れる長い方向になっています。

そうすると、傾向的には、先ほどの24ページのスペクトルで、今回工認のほうが上がっているんですけど、むしろ固有周期、共振関係から言うと下がるような気もするんですけど、この辺りは何か検討されていますでしょうか。あくまで固有周期の関係からだけなんですけれども。

○中国電力（田村） 中国電力の田村です。

0.093と0.098ですので、すみません、ちょっとその観点で検討はしておりませんでした。基本的には固有周期というよりは、そこの地震動の大きさとかそっち側のほうの影響でこの違いが出てきているのかなと考えております。

以上です。

○植木審査官 規制庁、植木です

この辺りのばねを変えたときの応答の変動とかそれについても、詳細について、詳細設計段階で再度いろいろ考察して説明をしていただきたいと思います。

○中国電力（田村） 中国電力の田村です。

今、今回御説明したところまでのところしか、ちょっと考察できておりませんので、今言われた観点からも、モードと、あと入力地震動とか、ちょっといろいろ比較して、解析は適切にできていると考えておりますけれども、その近接度とかの影響もあると思いますので、そこらを含めて分析した上で、御説明、また詳細設計段階で御説明させていただきたいと思います。

以上です。

○植木審査官 規制庁、植木です

分かりました。お願いします。

私からは以上です。

○山中委員 そのほかいかがでしょう。よろしいでしょうか。

詳細設計段階までに御検討いただかないといけない点、2点くらい宿題が出ましたけれども、よろしく願いいたします。

それでは、続いて説明をお願いいたします。

○中国電力（朝倉） 中国電力の朝倉です。

一度、資料1-1-1の2ページをお願いいたします。2ページ残りの指摘事項のNo. 62と72について説明をいたします。

それでは25ページをお願いいたします。25ページでは、論点Ⅱ-5、サプレッション・チェンバ内部水質量の考え方の変更に関する指摘事項への回答を説明いたします。

No. 62の指摘事項としては、サプレッション・チェンバへの有効質量の適用について、女川2号の検討で得られている水位と有効質量の関係図に、島根2号の振動試験及び解析結果をプロットして両者の比較・検討を行い説明することとなります。回答の詳細を26ページで説明いたします。

26ページをお願いします。女川2号炉と島根2号炉における検討で得られた推移と有効質量比の関係を比較しました。まず、有効質量比は、強め輪がない場合と比較して、強め輪がある場合に大きい傾向があります。これは、強め輪が流体の運動を阻害するため、強め輪がある場合に容器が流体から受ける反力が大きくなるためと考えます。

また、島根2号炉の検討に用いた試験体は島根1号炉の縮小試験体であることから、容器寸法の違いによる差が生じていると考えます。

以上のように、強め輪や寸法の相違等により、有効質量比の算出結果にばらつきはありますが、先行プラント及び島根2号炉で同等の条件による検討で得られた有効質量比は同程度の結果が得られております。

論点Ⅱ-5に関するNo. 62の指摘事項への回答の説明は以上となります。

次に、論点Ⅱ-9に関する指摘事項への回答を続けて説明させていただきます。

27ページをお願いいたします。それでは、論点Ⅱ-9、一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持に関する指摘事項への回答を御説明いたします。

指摘事項としては、剛領域の振動モードの考慮において固有周期0.045秒から0.033秒の間は直線で補間した床応答スペクトルを適用するとしているが、0.05秒以上の範囲と同様に、計算した応答スペクトルを拡幅したスペクトルを適用することについて検討して説明することとなります。回答の詳細を28ページに示します。

28ページをお願いいたします。回答の詳細ですが、弁の動的機能維持必要については、弁駆動部の応答加速度の算定に用いる配管系のスペクトルモーダル解析において、剛領域の振動モードの影響により応答加速度の増加が考えられる場合、剛領域の振動モードの影響を考慮するため、高周波数領域の振動モードまで考慮した地震応答解析を実施します。

具体的には、下の図に示しますように、地震応答解析に用いる20Hz以上（固有周期0.05s以下）の高振動数領域、図の破線よりも左側となりますが、これを考慮した床応答スペクトルは、20Hz以下（固有周期0.05s以上）の床応答スペクトルの作成方法と同様に、建物や連成解析から得られた応答加速度時刻歴を用いて算出し、周期軸方向に拡幅して設定します。

論点Ⅱ-9に関するNo.72の指摘事項への回答は以上となります。

○山中委員 それでは、質疑に移りたいと思います。質問、コメントございますか。よろしいですか、特にございませんか。

それでは、以上で本議題を終了したいと思います。

ここで席替えを行いますので、一旦中断し、14時30分に再開をいたしたいと思います。

（休憩）

○山中委員 再開いたします。

引き続き、資料について説明を始めてください。

○中国電力（北野） 中国電力の北野でございます。

それでは、建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用、入力地震動の評価、基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用及び原子炉建物屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の適用につきまして、三つのパートに分けて御説明し、都度御質問等お受けいたします。

それでは、電源事業本部の畑のほうから御説明させていただきます。

○中国電力（畑） 中国電力の畑です。よろしく願いいたします。

それでは、資料1-2-1のパワーポイント資料に基づきまして、建物の地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）につきまして、前回会合で頂きました御指摘事項への回答を説明いたします。

では説明に入ります。資料4ページをお願いします。

ここでは、前回1月21日の会合における御指摘事項の内容を記載してございます。本件に関するものとして、No.76～80の全部で5件御指摘いただいております。

資料8ページをお願いします。本ページと次のページに、No.76～80の御指摘内容と回答概要を記載してございます。詳細は一つ一つ後ほど御説明いたします。

資料11ページをお願いします。ここから具体的な回答の説明に入ります。資料の青字部分が、前回会合資料から変更した箇所になります。

まず1点目、No.76の御指摘事項ですが、評価フローの青点線枠内の左のダイヤ部分、設定付着力 σ_a と引張側地反力 σ_t の大小を判断する箇所になりますけれども、こちらに関連する御指摘としまして、基礎スラブの応力解析における地盤ばねへの付着力の考え方、また、引張側地反力算定における鉛直方向ごとの影響の考え方を説明するよう御指摘をいただいております。

まず、基礎スラブの応力解析における地盤ばねの設定の考え方につきましては、フロー右の補足1を御覧ください。

基礎スラブの応力解析におきまして、設定付着力 σ_a が引張側地反力 σ_t より大きい場合は基礎浮上りが生じないということになり、応力解析に設定する地盤ばねは線形ばねといたします。また、引張側地反力を算定する際の鉛直方向の影響につきましては、補足1の「また」以降に記載していますように、詳細設計段階におきまして、組合せ係数法により、鉛直方向地震力を組み合わせた場合も考慮することとします。

以上がNo.76に対する回答になります。

続きまして、No.77に対する回答を御説明します。評価フローの青点線枠内の、今度は右のダイヤ部分、ジョイント要素（付着力考慮）を用いた3次元FEMモデルの適用範囲を35%以上としていることに対する御指摘としまして、もともと根拠としていましたJEAC4601-2008は、付着力を考慮していない結果であるため根拠を示すこと、そして誘発上下動の扱いについて説明するよう御指摘をいただいております。

こちらにつきましては補足2を御覧ください。JEAC4601-2015におきまして、ジョイント要素に付着力を考慮した3次元FEMモデルが提案されており、低接地率の範囲まで適用可能とされていることから、当社におきまして付着力を考慮した場合も適用可能であると判断し、接地率35%以上を、今回目安値ということで設定いたしました。評価フロー中のダイヤの中にも、括弧書きで目安値と記載しております。

なお、前回会合資料では、JEAC4601-2008のみを参照していましたが、実際は2015版も参照していますので、今回追記してございます。

また、目安値として設定した値の考え方につきましては、添付1-1に示してございます。資料15ページをお願いします。この15ページは前回会合から追加したページになります。添付1-1として、付着力を考慮した3次元FEMモデルの適用性について整理しました。

1. では、JEAC4601-2015における3次元FEMモデルの適用性について記載しており、そのうち(1)では、付着力を無視した場合の適用範囲及び適用性を示しております。

一つ目のポツを御覧ください。JEAC4601-2015及び引用している既往論文によりますと、時間領域のグリーン関数法と比較を行い、接地率 η が30%程度まで両者の応答が概ね一致するとされています。この結果を基に、ジョイント要素、付着力無視を用いた3次元FEMモデルの適用範囲として接地率 $\eta \geq 35\%$ が提案されています。

二つ目のポツを御覧ください。右の表に、既往論文と島根の解析条件の比較を示しています。付着力考慮有無を除きまして、両者はほぼ同じ解析条件となっています。

次に(2)では、付着力を考慮した場合の適用性につきまして記載しています。

一つ目のポツには、既往論文におきまして、先ほど御説明しました(1)のモデルをベースに、さらに現実に近い解析条件を設定した検討としまして、右下の図に示しますように、付着力を考慮した検討が実施され、入力地震動と設置率の関係が示されています。

ここで、左側の図が $V_s=1,000\text{m/s}$ の地盤の結果、そして右側の図が $V_s=2,000\text{m/s}$ の地盤の結果になります。900Galの場合の設置率に注目いただきますと、付着力 0.49N/mm^2 を考慮した場合の設置率、図の白抜き四角になりますけれども、設置率が30から50%程度となっています。

(2)の二つ目のポツを見ていただきますと、JEAC4601-2015によりますと、ジョイント要素に付着力を考慮した3次元FEMモデルは、低接地率の範囲まで適用可能とされています。

次に2.として、島根2号炉における3次元FEMモデルの適用性について御説明します。

一つ目のポツを見ていただきますと、紀要論文と島根の解析条件はほぼ同じであることを確認しております。

二つ目のポツを御覧ください。「JEAC4601-2015」によりますと、ジョイント要素に付着力を考慮した3次元FEMモデルは低接地率まで適用可能とされていることから、当社におきまして付着力を考慮した場合にも適用できると判断しまして、設置率35%以上を目安値として設定しました。

なお、島根2号炉で採用を考えている3次元FEMモデルの接地率は、今回当社で目安として設定した35%を大きく上回る見込みです。

では、資料戻っていただきまして11ページをお願いします。

11ページになります。もう一度、補足2を御覧ください。中ほどより下のなお書きになります。冒頭部分は先ほど御説明しましたとおり、今回採用するモデルの設置率は35%を大きく上回る見込みではありますが、詳細設計段階におきまして、地震応答解析の結果が低設置率となる場合は、適用範囲の確認も含めまして、採用する基礎浮上り評価法の適用性

を説明いたします。

また、もう一つ御指摘いただいております誘発上下動の考え方につきましては、下の補足3を御覧ください。

ジョイント要素に付着力を考慮した3次元FEMモデルは、浮上りに伴う誘発上下動の評価が可能であることを踏まえまして、詳細設計段階において、誘発上下動の影響を、設計に反映する、しないの判断も含めまして考慮いたします。

では、資料12ページをお願いします。低接地率となる地震応答解析結果の妥当性確認につきまして、b.の一番下、四つ目のポツの青字部分は、先ほど前のページで説明した内容と同じことを記載してございます。

ここまでがNo.77に対する回答になります。

続きまして、No.78の御指摘事項、付着力を考慮しない建物に対する詳細設計段階における詳細設計における付着力考慮有無による影響評価の方針を説明すること、これに対する回答を御説明します。

c.の一番下、三つ目のポツ、青字B部分を御覧ください。前回会合で御説明しました、原子炉建物を対象にした検討におきまして、一部周期帯で付着力考慮モデルの応答が付着力なしモデルの応答を僅かに上回っていることから、詳細設計段階におきまして、付着力を考慮しない建物のうち、建物や内包する施設の重要度、それらの許容限界に対する裕度、及び接地率を踏まえた上で、代表とする建物を選定し、付着力を考慮した場合の建物・設備への影響を確認する方針といたします。

以上がNo.78に対する回答になります。

続きまして、No.79に対する回答を御説明します。資料少し飛びまして29ページをお願いします。

29ページになります。本ページは、前回会合から新たに追加したページになります。

No.79の御指摘事項は、試験箇所と設計対象建物位置の付着力の同等性について、説明性を向上するために追加試験を行う等の対応方法を検討し、許可段階でその方針を説明することというものでございます。

上の墨つき括弧部を御覧ください。これまで御説明してきましたように、建物基礎底面の付着力として設定した値には、十分な保守性、妥当性があると判断していますが、一方で、試験地盤と建物直下地盤が離れており、建物直下地盤近傍での直接的な付着力試験データが得られていないということもありますので、1、2号炉建物近傍におきまして追加試

験を実施することといたします。また、詳細設計段階では、今後実施する追加試験結果を踏まえまして、設定値の保守性・妥当性を御説明する方針とします。

続きまして、下の墨つき括弧部を御覧ください。追加付着力試験の現段階の方針をお示ししています。

まず、試験目的ですけれども、設計付着力の説明性向上の観点から、1、2号炉建物近傍におきまして追加試験を実施いたします。

次に、試験場所の選定につきましては、右の図に追加試験の候補地をお示ししています。

試験場所につきましては、赤点線枠内で示します1、2号炉エリアを対象に、耐震上重要な建物が設置されている岩盤と同様な岩盤とし、追加試験の目的や3号炉エリアで実施した試験、以後、前回試験と呼びますけれども、前回試験の条件を踏まえまして、岩相は試験の平均値が小さい黒色頁岩を、岩級はCH級を対象とし、これらが確認される場所を選定いたします。

具体的な試験位置につきましては、現在選定中のございまして、なお書きに記載していますけれども、所定の岩盤が出現するまでに相当程度の掘削が必要であることから、工事で掘削済みの箇所を中心に、原子炉建物の西側から南側にかけて、右の図のピンク色のL字の範囲を候補地を考えております。

次に試験方法についてですけれども、前回試験と同様に、現位置試験、直接引張試験で実施することを基本に考えております。

以上がNo. 79に対する回答になります。

続きまして、資料41ページをお願いします。41ページになります。No. 80の御指摘は、既工認実績の設定付着力の記載を適正化した上で、島根サイトの設定値の保守性を示すことというものでした。

下の表を御覧ください。前回会合で御指摘いただきましたように、美浜の工認ケースは付着力を考慮していないため、設定付着力は試験の平均値 0.91N/mm^2 からバーに見直しました。また、川内におきましては、必要付着力ということで、平均値の 0.6N/mm^2 ではなく 0.18N/mm^2 とし、記載を適正化いたしました。

なお、川内の試験の平均値になりますが、前回会合資料においては 0.61 と記載していましたが、 0.63 が正しい値でしたので、併せて適正化をいたしております。

島根の設定値の保守性につきましては、上の個条書き部分の二つ目のポツを御覧ください。これまでの説明の繰り返しになりますけれども、島根サイトの建物直下は黒色頁岩、

凝灰岩及びこれらの互層から構成されていますが、その構成割合が確認できないこと、建物ごとで割合が異なることから、保守的に平均値の小さい黒色頁岩が建物直下全体に広がっているとみなしまして、岩盤全体の平均値(0.81N/mm²)ではなく、黒色頁岩の平均値0.81N/mm²に基づき設定していること。また、物性値のばらつき、原位置試験の不確実性を踏まえまして、平均値をそのまま用いるのではなく、2倍の安全率を考慮していること、さらに試験結果の最低値を下回るように設定していること、これらを保守性として考慮しております。

三つ目のポツを御覧ください。「よって」ということで、島根サイトの設定付着力0.40N/mm²は、元の岩盤全体の平均値(0.98N/mm²)に対しては2倍以上の余裕があることになり、既工認実績と比べましても遜色ない値であると考えております。

以上がNo. 80に対する回答になります。

以上をもちまして、最初のパートである地震応答解析モデル（建物基礎底面の付着力及び3次元FEMモデルの採用）に関するコメント回答の説明を終わります。

○山中委員 それでは、質疑に移ります。質問、コメントございますか。

○羽場崎審査官 規制庁、羽場崎です。

パワーポイントの15ページ、(2)の2番目のポツを御覧ください。ここに、今も説明ありましたが、**「JEAC4601-2015参考資料」**において、ジョイント要素に付着力を考慮した3次元FEMモデルは、低接地率の範囲まで適用可能とされているという文章がございますけれども、実際JEAC4601-2015にはどのような形で記述されているのでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

JEAC4601-2015のこの参考資料の3.5の(7)になりますけれども、付着力を考慮したジョイント要素の3次元FEMモデルの適用性につきましては、基本的にはこの既往論文の内容を引用しているという形で、適用範囲としては具体的な数字までは書いてありませんけれども、ここに書いているとおり、低設置率の範囲まで適用可能というような記載になっております。

以上です。

○羽場崎審査官 規制庁、羽場崎です。

よく見ていただきたいんですが、その当該ページですね、15ページの右下にあります図があって、この図に対しての説明については、「付着力の違いによる設置率の比較を示し」としか書いてありません、この図に対しては。

もう一つ、JEACのほうには、入力を横軸に、縦軸に応答加速度、水平と上下の応答加速度の図がありまして、それに対しては、付着力は設置時は浮き上がりに伴う誘発上下の大きさには影響するけれども水平応答への影響は小さいと、その図のとおりの方が書いてあります。要は、あと同じその15ページの一番右下に引用文献あります。このNakamuraらの論文を見ましてもですね、付着考慮のFEMが提示のような低接地率まで適用可能であるという文章は見当たらないというように私は思います。

先ほども説明がありましたけれどもですね、今回11ページのほうで、中国電力としてはジョイント要素（付着力考慮）モデルの3次元FEMモデルの適用範囲は接地率35%以上であるという形でフローの中に記述されていますけれども、これはあくまでも事業者判断であって、JEAGには何らそういう記述はないというふうに認識します。その根拠というのはですね、まだ十分示されていないというふうに考えます。そういう位置づけでですね、我々としては理解したというふうに思っています。

先ほども説明ありましたけれども、中国電力が示している応答結果からすれば、付着力を考慮した応答値、その接地率というのは94%程度ですね、最小でも。ということで、そんな小さな接地率にはなっていないということは確認しています。ただ、今後、ほかの建物であったり、地盤のばらつきを考慮した場合に、その付着力考慮の解析が低接地率となった場合、その適用性に関しては、詳細設計段階で十分説明するように求めたいと思います。

以上です。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

御指摘の点は承知しておりまして、JEAGの記載ですとか、この35%の判断基準というのもあくまで目安値として当社のほうで設定させていただいたもので、具体的には詳細設計段階のほうで応答値も含めて、今の見込みとしては廃棄物処理建物ですね、94%ぐらいでそんなに接地率が小さくなるようなことはないとは考えておりますけれども、詳細設計段階に行ったときに、ほかの建物で接地率が小さくなったときには、改めて適用性についても御説明させていただきたいと考えておりますので、その辺は詳細設計段階でお示しさせていただきたいと思います。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがですか。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

今、羽場崎のほうから質疑をしたんですが、この資料の15ページのところで、JEAG4601-2015の記載を引用している箇所と事業者の考えというものが、これヒアリングのときからお話はしていましたが、引用できる部分は何なのかという話と自らの考えは何なのか。これは区別してくださいというふうに言ったんですけど、まだ区別されていない部分がありますので、ここは素直に引用できることについては引用しても構いませんけれども、自らの考え、JEAGのほうで明確に言っていないことは基本的には中国電力の考えだと思えますので、そういったところはちょっと区別するように資料の適正化をしてください。これは取りまとめ資料上の話ですので、この記載についてはまた修正をした上でですね、取りまとめ資料提出時に反映をしていただきたいと思います。

○中国電力（阿比留） 中国電力の阿比留でございます。

今の御指摘、我々としてもですね、15ページの2.のところにですね、低接地率の範囲まで適用可能とされていることから、当社が付着力、「当社が」ということですね、ちょっと区別したつもりではおったんですけども、先ほど羽場崎さんのほうからの指摘の1.(2)の下のポツですね、ここら辺がちょっと曖昧に読めるということもありますので、今後、資料については適正化させていただきたいと思えます。

以上です。

○山中委員 あと、よろしいでしょうか。

それでは、引き続き資料の説明をお願いいたします。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

それでは、パワーポイントの資料1-2-2、地震による損傷防止のコメント回答といたしまして、建物・構築物の地震応答解析における入力地震動の評価について御説明いたします。

資料のほうは前回の審査会合での御指摘事項を踏まえまして、前回会合のコメント回答資料に記載を加えたものを今回の回答資料としております。

6ページをお願いします。6ページから、前回の入力地震動の審査会合では、No.81～84までの4点の御指摘事項を頂いております。6ページと7ページには、それぞれの指摘事項と今回の回答概要をまとめております。まず、6ページのほうでは、No.81といたしまして、入力地震動の算定方法、算定条件について評価手法の使い分けの考え方に関するコメントを頂いております。

それからNo.82といたしましては、1次元波動論により入力地震動を算定している建物及

び機器・配管について、2次元FEMによる入力地震動に対して保守性を確保する評価方針に関するコメントについて、それぞれ指摘事項と回答概要をまとめております。

次、7ページをお願いします。7ページのほうには、No. 83といたしまして、島根2号炉の原子炉建物と制御室建物の水平入力動と鉛直入力動の考え方に関するコメントと、それからNo. 84といたしましては、表層地盤の物性値について地震動によらず S_s 、 S_d でそれぞれ一定値にすることの保守性の評価方針に関するコメントを頂いております。回答の詳細につきましては、それぞれのページで御説明いたします。

少しページを飛びまして、13ページをお願いします。13ページでは、3.といたしまして、詳細設計段階における影響検討方針についてという、このページを追加いたしました。指摘事項の先ほどのNo. 82と84についての回答を整理しております。

まず、一つ目の丸に1次元波動論の入力地震動の保守性の確認といたしまして、二つポツを記載しております。

一つ目のポツになりますけども、補足1の入力地震動の評価手法と補足6でお示ししました1次元波動論及び2次元FEMによる入力地震動の比較を踏まえまして、2次元FEMモデルの速度層に基づき設定した1次元波動論モデルにより入力地震動を算定している建物及び機器・配管につきまして、詳細設計段階において建物と内包する施設の重要度及びそれらの許容限界に対する裕度を踏まえた上で代表とする建物を選定し、2次元FEM解析による水平方向の入力地震動を算定し、1次元波動論による入力地震動の保守性を確認いたします。

また、二つ目のポツになりますけども、確認方法といたしましては、1次元波動論と2次元FEM解析による入力地震動の加速度応答スペクトルを比較いたします。そして、影響があると判断した場合には、2次元FEM解析による入力地震動を用いた地震応答解析により、建物及び機器・配管への影響検討を実施するように考えております。

次に、二つ目の丸になりますけども、表層地盤の物性値を一定値にすることの保守性の確認といたしまして、入力地震動を算定する際の表層地盤の物性値については、既工認において表層地盤の物性値の変動による入力地震動に対する影響は小さいと判断していたことを踏まえまして、補足2でお示ししたとおり、 S_s と S_d それぞれの地震動レベルに応じた一定値も設定する方針ですが、詳細設計段階におきまして建物と内包する施設の重要度及びそれらの許容限界に対する裕度を踏まえた上で代表とする建物を選定し、地震動に応じた等価線形解析による入力地震動との比較により、表層地盤の物性値の影響検討を実施し、現行の設定方法の保守性をお示しするように考えております。

また、三つ目の丸になりますけども、こちらは前回の審査会合において補足の5のほうで御説明しておりました高振動数領域の応答に関する影響についても記載しておりました、こちらを併せて13ページのほうに詳細設計段階における影響検討方針の内容をまとめて整理いたしました。

次、14ページをお願いします。14ページには、指摘事項No.81に関しまして、入力地震動の算定方法、算定条件の使い分けの考え方を整理いたしました。まず方針といたしまして、建物構築物の入力地震動の評価手法は耐震クラス、各建物の埋込み状況及び周辺地盤への設置状況を踏まえまして使い分けを行っており、埋込みと切欠きの影響につきましては適切に評価する方針としております。

水平方向につきましては、耐震Sクラス施設については速度層の傾斜や建物周辺の地形等の影響をより詳細にモデル化した2次元FEM解析を基本といたします。また、耐震Sクラス施設以外の建物につきましては、1次元波動論により評価を基本といたします。

次に、鉛直方向につきましては、入力地震動に対して建物直下地盤による影響が大きく、速度層の傾斜等の影響は小さいことから、1次元波動論による評価を基本といたします。

なお、前回会合において説明させていただきましたとおり、補足6のほうにおいて2次元FEM解析との比較により、速度層の傾斜等の影響が鉛直方法の入力地震動への影響が小さいことを確認しております。

次に、この方針に基づき設定いたしました各建物構築物の入力地震動の評価手法の選定フローを下に示しております。まず左の水平方向のフローですけども、建物構築物が耐震Sクラス施設であるかどうかを判定し、耐震Sクラス施設であれば2次元FEM解析で入力地震動を評価いたします。

次に、耐震Sクラス施設以外の建物構築物が地盤に埋め込まれているかどうかを判定し、埋め込まれていれば1次元波動論で反射波と切欠き力を考慮した入力地震動を評価いたします。建物構築物が埋め込まれていない場合は、解放基盤からの地震動の増幅があるかどうかを次に判定し、地震動の増幅がある場合には1次元波動論で地盤面の応答を入力地震動として評価いたします。地震動の増幅がない場合は基準地震動を直接入力地震動として用います。

次に、右の鉛直方向のフローになりますけども、建物構築物が地盤に埋め込まれているかどうかを判定し、埋め込まれていれば1次元波動論で反射波と切欠き力を考慮した入力地震動を評価いたします。建物構築物が埋め込まれていない場合は、1次元波動論で地盤

面の応用を入力地震動として評価いたします。

あと、この各フローの下には、フローに従って整理いたしました各建物構築物を示しておりまして、またはこの地盤に埋め込まれている建物構築物につきましては、埋込み深さを併せて記載をしております。

15ページをお願いします。15ページには、14ページの入力地震動の評価手法の選定フローに従いまして整理した、各建物構築物の入力地震動の評価手法の使い分けの一覧を選定理由と併せて整理しております。

次、17ページをお願いします。17ページには、指摘事項No. 83の原子炉建物と制御室建物入力地震動を任意入力としていることに関する回答といたしまして、表の右下の注記で※6を追加いたしました。※6といたしまして、原子炉建物と制御室建物の水平入力動は2次元FEMモデルの切欠き地盤の表面応答であるため2Eと表記しておりますが、建物の埋込みによる切欠き地盤を詳細にモデル化しているため、埋込みと切欠きの影響はこの2Eの入力地震動に考慮されております。

よって、先ほどの14ページでもお示ししましたが、原子炉建物と制御室建物の入力地震動につきましては、水平方向を2次元FEM解析とし、鉛直方向に1次元波動論を採用しておりますが、これらの評価によって得られる入力地震動はいずれも同様の方針であり、共に埋込みと切欠きの影響を適切に考慮していると考えております。

ページ飛びまして、次、23ページをお願いします。23ページでは、先ほど13ページの二つ目の丸で表層地盤の物性値を一定値にすることの保守性につきまして、詳細設計段階における影響検討方針をお示ししてございましたが、23ページにお示ししていたこの地盤物性値につきましては、①の2層に関して青字の部分の記載を追加しております。

二つ目のポツのこの青字の部分になりますが、既工認では埋め戻し土としてモデル化していた今回工認の①-2層は、C_L級及びD級の岩盤でS波速度は小さいですが、検討建物から離れた僅かな領域に分布しており、地震時の非線形性が建物の入力地震動に与える影響は小さいと判断し、地質調査結果に基づく物性値を用いて線形として扱うことといたします。

入力地震動の評価に関するコメント回答は以上となります。

○山中委員 それでは、質疑に移ります。

○服部審査官 規制庁の服部です。

パワーポイント資料の13ページを開いてください。二つ目の丸の表題にありますように、表層地盤の物性値を一定にすること、一定にする方針ですね、これについて確認をします。

表層地盤の物性値は2号炉原子炉建物のNS方向及びEW方向の2次元FEMモデルから一定値を設定し、この一定値を全ての建物に適用する方針としていますが、島根サイトのほかの建物、例えば制御室建物や主排気筒などですが、これらは建物種類や加振方向ごとに表層地盤の厚さ、分布状況などが原子炉建物と異なることから、原子炉建物による設定値を代表値にできるとした考え方を説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

表層地盤の物性値につきましては、既工認においてということで文章のほうを記載しておりますけれども、基本的には表層地盤の物性値の変動というのが岩盤のところの入力地震動に与える影響が小さいと判断しております、そういったことを踏まえて表層地盤の物性値につきましては先ほどおっしゃったとおり2号の原子炉建物のNSとEWに基づいて設定したもので代表したいというふうに考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

では、原子炉建物を代表に選んだ理由は何でしょうか。例えば中心的な建物であるですか、表層地盤の厚さや形状で選んだ、表層地盤の応答で選んだですか、2次元の解析手法、これらの解析手法によって選んだとか、いろんな理由があると思いますが、この原子炉建物を代表に選んだ理由というのを説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

資料、今のこの1-2-2のパワーポイントの25ページをお願いします。25ページでは、左側に既工認での考え方と右に今回工認での考え方を比較しておりますけれども、基本的には既工認で原子炉建物をしていたということを踏まえて、今回工認でも原子炉建物のNS方向とEW方向のモデルに基づき表層地盤の物性値については設定したいと考えております。

ただ、基本的には島根サイトの地盤につきましては東西方向にはほぼ水平成層で下側には一定に傾斜しているような形になっておりますので、どの建物に関してもその辺は原子炉建物で概ね代表できると、傾向については一緒であるというふうに考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

分かりました。どの建物を代表にしても表層地盤の変動による影響が小さいと判断しているので、既工認で原子炉建物を代表として選定していたので、今回工認でも原子炉建物を代表にするということで解釈しましたが、それでよろしいでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

そのとおりです。

以上です。

○服部審査官 それでは、原子炉建物を代表とした一定の物性値を全ての建物に適用する方針について、さらに確認をいたします。表層地盤の変動による影響が小さいと判断したことの妥当性や一定値を適用することの保守性については、詳細設計段階で示す方針としていますが、影響検討を実施する際に「代表とする建物を選定し」とありますけれども、幾つかある建物からどのように代表建物を選定する方針であるかを説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

パワーポイントの13ページをお願いします。二つ目の丸の一つ目のポツの3行目になりますけれども、建物の重要度ですとか内包する設備の重要度、それから工認段階に行ったときのそれぞれの耐震評価をしたときの裕度を踏まえて代表建物のほうを選定したいというふうに考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

今の説明ですと、ここに書いてあるとおり、建物や内包する機器・配管の重要度に応じて選定するとしていますが、具体的にはですね、17ページのほうを確認いただきたいんですけども、代表とする主要な建物はここに記載のある建物全てと解釈してよろしいでしょうか。それとも、これからまた絞り込むのでしょうか。また、次のページに波及的影響対象の建物がありますが、これらも含まれるのでしょうか。説明をしてください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

まず、建物とその中の設備の重要度という観点では、17ページ、18ページで言うSクラス施設ないしはSクラス施設の間接支持構造物というところで、波及影響というところについてはどちらかといえばそれよりもSクラス施設やSクラス施設の間接支持構造物というところを念頭に考えています。あとは許容限界に対する裕度というところでは、それぞれ建物ごとに耐震評価を工認段階でやっていきますけれども、そこでの許容値に対する裕度というのを見極めて、そこで代表建物なりを選定したいというふうに考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

今の説明の中で、絞り込むかどうかという回答が確認できなかったんですが、17ページ

にある施設というのは、それぞれ機器を内包していますし、重要度についてもかなり高いというふうに認識していますけれども、これら施設については全て確認するという方針ということで解釈してよろしいでしょうか。説明をお願いします。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

基本的には絞り込みといいますか、耐震評価には裕度というのを見極めてからだと思えますので、それについては裕度が大きければ評価についてはしないのかなとは思いますが、裕度が小さいものに関しては評価のほうは工認段階で実施したいというふうに考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

先ほども裕度という話があったんですけども、それぞれの建物は表層地盤の厚さや分布などが異なりまして、その保守性というのは評価しないと分からない。裕度というのは評価しないと分からないと考えています。特に機器・配管系については地盤のばらつき等を考慮すると地盤の収束剛性ですとか収束減衰定数の関係によっては、その影響が保守的になるかどうか。これはもう評価しないと分からないというふうに考えていますので、またその影響がたとえ結果的に小さかったとしても、全ての建物について影響検討した上で判断する必要があるのか、これらについて中国電力の考えを説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

先ほどおっしゃったとおりで、この辺については工認段階で評価結果を踏まえて、裕度が小さければ評価する必要があるかと思えますので、それについては必要なものを詳細設計段階のほうで影響検討を実施したいというふうに考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

では、現時点の方針としては、ここの17ページにある重要な施設は全て影響評価をするという方針というふうに解釈してよろしいでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

そういうふうに考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

それではですね、そのような方針をここの許可の段階の方針として資料に反映していた

だきたいと考えていますが、いかがでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

先ほど御指摘の点、まとめ資料のほうに反映して、また最後ほかのものと合わせて提出させていただきたいと思います。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

さらにもう一点確認します。物性値を一定とすることによる建物や内包する機器・配管系への影響については、その影響程度を確認し、その影響が優位であれば、その影響を反映して詳細設計を行う方針であるか否かを説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

優位な差があるかどうかというのは基本的には既工認のときから、その影響については小さいということを確認しておりますので、そこら辺については影響がない、小さいということの詳細設計段階でお示しさせていただくとともに、工認の耐震評価の基本ケースといたしましては、今のこの一定値で設定したもので御説明したいというふうに今の段階では方針としては考えております。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

既工認ではほとんど影響が小さかったということは確認されているということですが、今回工認では確認されていないということなので、影響があるかないかは確認しないと分からないと思いますけれども、その影響が優位であればその影響を反映して詳細設計を行うかどうかというのは、今の回答ですと少し分かりませんので、優位であった場合についてどうするかという方針を説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

今の段階で確認して優位であれば、詳細設計のほうに反映したいというふうに思います。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

それでは、その方針についても資料のほうに反映するようにしてください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

承知いたしましたので、まとめ資料のほうにその辺の記載のほうも反映したいと思いません。

以上です。

○服部審査官 規制庁の服部です。

私からは以上になります。

○山中委員 そのほか、いかがですか。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

今、ちょっとやり取りがあったところの趣旨としては、資料の13ページ、こちらの3の二つ目の白丸のところ、保守性を示すということだけが書いてあって、影響検討、機器・配管系への影響をですね、具体的に検討するという一文がないと。だから、保守性を示すと言っているだけなので、もうこれは超えないことを前提にしていると、最初から。でも、超えた場合の対応については一切述べていない。だから、それについてはしっかり、ほかの箇所の同じように建物及び機器・配管系への影響検討を実施するというのを記載すべきなのかなということで指摘をしていました。

あと、その後ちょっと指摘があった影響検討をした結果として有意な影響がある、結果に影響するような場合については、それはもう設計に反映するという事なので、これは付着力のほうでの影響検討も、それから1次元、2次元のモデルの影響の検討も、それからあと表層地盤の物性値の影響の検討も、これもしかりということになりますので、そこら辺は大きくくりには影響検討の結果については裕度とかそういうところも関係しますけれども、結果の判断に影響があるんだったら設計に反映する。そういった大方針はしっかりと書くようにしてください。

すみません、私からは以上です。

○山中委員 いかがでしょうか。

○中国電力（阿比留） 中国電力の阿比留でございます。

今の13ページ、3.の上のところにはちょっとしっかり書いているんですけども、二つ目のポツのところにはちょっとそこら辺のことを明示しておりませんので、そこら辺のことについてもですね、設計に反映すべきものはしていくということで記載の適正化を図りたいと思います。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがですか。

どうぞ。

○千明審査官 規制庁の千明です。

表層地盤の解析用物性値について1点確認いたします。パワーポイント資料の23ページをお願いします。今回の資料で、ポツの二つ目ですね、青字で今回工認における表層地盤、①-2についてですね、D級岩盤についても線形として扱うということが追記されております。一方でですね、基礎地盤、周辺地面の安定性評価における解析用物性値の設定では、D級岩盤についてはひずみ依存性を考慮しています。この両者の関係についてどのように考えているか、説明のほうをお願いします。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

今回この建物の入力地震動の評価としてモデル化しておりますこの①-2層につきましては、C_L級ですとかD級のV_sのちょっと小さい岩盤にはなりますけども、入力地震動という評価の観点で建物から離れた領域で、僅かな領域だということも踏まえて、ここについては入力地震動への影響ということで、そこについては影響はないというふうに判断して、ここについては物性値としては線形の物性値を与えて入力地震動のほうを評価したいというふうに考えております。

以上です。

○千明審査官 規制庁の千明です。

今の御説明の中でですね、入力地震動に与える影響が小さいという判断をされているんですけど、今の時点ではですね、ちょっとその判断材料、根拠というのは確認できておりませんので、その辺り詳細設計段階においてですね、幾つか断面による比較結果等をですね、示していただきながら説明のほうをお願いしたいと思うのですが、いかがでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

承知いたしましたので、詳細設計段階で影響検討を実施して、お示ししたいと思います。

以上です。

○千明審査官 規制庁、千明です。

了解しました。

私からは以上です。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

今のちょうど表層1-②のほうの議論がありましたけど、EW方向の断面、29ページとか見ていると分かりますけれども、EW方向の断面では左端の上のほうに①-2というのがちょっとごく僅かに見えているんですが、こういったところで領域は少ないんですけども、一方でNS方向のところを見ると、よく見えないところがちょっとありますけれども、建屋のこ

の切り欠きの右の上のほうのところですね、ここによく見ると表層①-2とありますので、そういう意味では方向によっては分布はちょっと異なっているということがあります。

今、ちょっと千明のほうから指摘ありましたけれども、添六の地盤安定性評価の中でやっているモデルとかは、実際は等価線形解析をしていて、メッシュごとに等価線形で、実際どれぐらいのひずみに応じた剛性Gと、あと減衰がどれぐらいになるかというのが解析上は出てきます。

ですから、そういう意味で、実際に等価線形解析で逐次やっているものと一定値に置き換えたものとの比較というのは、①-1であればできるし、①-2であったとしても添六とそれから建屋のモデルでそういった違いがあって、それについての比較は当然できますので、それをちゃんと比較してもらって、それで影響がどうかということを、より詳細に解析しているものと、今回の建築でやっているような一定値を用いるものに対しての比較をちゃんとやった上で影響を比較して示してください。

○中国電力（阿比留） 中国電力の阿比留でございます。

今の御指摘ですけれども、安定性のことと入力地震動のこと、それぞれ同じ解析ができるという御指摘はごもつともだと思います。先ほど落合が申しましたように、そこに関しては詳細設計段階でですね、しっかり一定値のものと等価線形解析をしたものについて、我々は今、定性的には影響ないと思っておりますので、そこら辺も示させていただきたいと思えます。

以上です。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

それで、先ほどの服部との議論の中で、代表とする建物とか位置はどう選ぶんですかという話がありましたけど、これもですね、確かにそちらが言っているとおり、そこに設置されている設備の重要度とか裕度とかを踏まえて決めるというのは一つのやり方ではあるんですけど、それ以外にやはりこういった等価線形を実際に実施しているものと、それぞれの本当の位置の応答ですね、1次元であった場合の、それというのは応答の比較はできるわけですね。だから、実際の応答の比較をちゃんとした上で、どういうふうに応答の違いがあって場所によってその違いの出方が異なりますので、そういったことも考察を加えた上で影響が大きい位置はどこかということ特定して施設を選ぶ、建屋を選ぶということもあり得ます。

そういうふうな形で、全体を、建屋としては波及的影響も全部対象にした上で、その中

で位置としてどこを特定するのか。影響が大きいものであれば、それは波及的影響であったとしても影響の大きさの傾向に鑑みて評価対象に入れるとか、そういうことはやはり創意工夫をちゃんとした上で選んでいただきたい。そういうことを詳細設計段階ではやるということを取りまとめ資料上明記していただきたいと思います。いかがですか。

○中国電力（阿比留） 中国電力の阿比留です。

承知いたしました。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

どうぞ。

○江寄調査官 規制庁の江寄ですけれども、25ページをお開きください。これで既工認のほうで、評価フローの下のほうにちょっと右のほうに、やや中央にですね、図がありますように、既工認ではこの平均的な剛性低下率、減衰もそうですけれども、計算されていると。多分これは1次元波動論に基づいた、1次元のモデルで解析した方法でこう書いているんだと思うんですね。一方で、今回工認のほうは上のこのフローに書いてあるようにですね、2次元FEMモデルを基本としているわけです。そうした場合に平均的な剛性低下率に基づいてって同じように書いているんですが、1次元であれば深さ方向で平均化することが考えられるんですけど、今度は面的な広がりがありますので、その辺はどう考えられているかということなんですけれども、その話はですね、多分、詳細設計段階に行かないとなかなかそちらも詳しい説明はできないと思うんですが、詳細設計段階ではですね、先ほど名倉が言いましたように、どの範囲、いわゆる施設から遠方のものの剛性低下率を評価しても、もしかしたらあまり意味がないかもしれませんし、この辺は多分実際に計算をされないとその辺は有効性は分からないのかもしれませんが、そうしたことも踏まえてですね、工認では検討をより適切なモデル化をしていただきたいと思いますので、その辺の考え方もですね、考え方としてどうするかというのも許可の段階である程度方向性としてはそういうことも鑑みて、モデル化を作成するといった方針もある程度述べていただく必要があると思います。いかがでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

先ほど御指摘のとおりで、25ページにつきましては今現状で考えている方針としては記載しておりますけれども、どこまでをどういうふうにして平均的な剛性低下率を出したりとかですね、それについてはまだ記載しておりませんので、それについても方針としてお示しさせていただきたいと思います。

以上です。

○山中委員 そのほか、何かございますか。よろしいですか。

それでは、引き続き資料の説明をお願いいたします。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

それでは、パワーポイントの資料1-2-3、地震による損傷の防止のコメント回答といたしまして、基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用について、御説明いたします。

2ページをお願いします。2ページ上段の枠内に前回の審査会合における指摘事項を記載しております。内容は原子炉建物の基礎スラブに対するSdの扱いに関するもので、下に回答概要を記載しておりますが、内容につきましては3ページのほうで御説明させていただきます。

3ページをお願いします。3ページでは、原子炉建物の基礎スラブの耐震重要度分類の考え方と耐震評価方針について整理しております。文章になりますけども、まず既工認においては、原子炉建物は原子炉棟を含む建物全体の耐震重要度分類をAクラス（S2機能維持）として設計しており、基礎スラブについては基準地震動S2及びS1に対する荷重組合せによる耐震評価を実施しておりました。

一方、今回工認においては、耐震重要度分類は各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度に応じて分類することとし、下の図にJEAG4601-1987からBWR MARK-Iの原子炉建物に要求される機能を記載しておりますが、このうちの赤枠で示した島根2号炉原子炉建物の基礎スラブに相当する格納容器底部基礎マットと格納容器底部外基礎マットは耐漏えい機能は求められておらず、Cの支持機能のみが要求されております。

したがって、原子炉建物の基礎スラブはSクラス設備ではなくSクラス設備の間接支持構造物として分類され、今回工認における原子炉建物の基礎スラブの評価につきましては、基準地震動Ssに対する評価を実施いたします。

ただし、既工認時にAクラスとして設計していることと二次格納施設のバウンダリである原子炉棟との連続性を踏まえまして、詳細設計段階において弾性設計用地震動Sdに対する荷重組合せについて影響を確認することといたします。

なお、解析につきましては、弾性解析といたしまして基準地震動Ssの評価に用いる今回工認モデルにより評価を実施いたします。

基礎スラブの応力解析モデルへの弾塑性解析の適用に関するコメント回答は以上になり

まして、引き続き、パワーポイントの資料1-2-4をお願いします。

資料1-2-4では地震による損傷の防止のコメント回答といたしまして、原子炉建物屋根トラスの解析モデルへの弾塑性解析の適用について御説明いたします。資料は前回審査会の指摘事項を踏まえまして、前回会合の論点説明資料に記載を加えたものを今回のコメント回答資料としております。

2ページをお願いします。前回の審査会合では、2点の指摘事項を頂いており、まず2ページ目にはNo. 48といたしまして、水平ブレースの要求機能と許容限界に関する指摘事項と回答概要をまとめております。

3ページをお願いします。3ページに、No. 49といたしまして、屋根スラブの構造部材及び二次格バウンダリとしての評価方針、許容限界に関する指摘事項と回答概要をまとめております。この2点の回答内容につきましては、それぞれのページで御説明いたします。

5ページのほうをお願いします。5ページでは、前回会合の指摘事項を踏まえまして、水平ブレースの要求機能について記載を追加いたしました。まず、1.に原子炉建物屋根トラスの概要を記載しておりましたが、四つ目のポツに水平ブレースについては、既工認と同様に水平地震荷重の伝達が可能な設計としていることを明記しまして、また右下の表のほうに各部材の要求機能を整理したものをつけておりますけども、ここの水平ブレースにつきましてもその要求機能といたしましては、水平地震荷重の伝達を記載いたしました。

ページ飛びまして9ページをお願いします。9ページでは、屋根トラスの要求機能に対する設計方針を記載しておりますが、前回会合の指摘事項を踏まえまして、屋根スラブの構造部材及び二次格納施設のバウンダリとしての地震荷重に対する評価方針及び許容限界について下の表のとおり整理いたしました。

表になりますけども、今回工認において3次元モデルに屋根スラブをモデル化することから、屋根スラブの気密性の維持につきましては、面内方向は概ね弾性状態であることを要素ごとに算定される応力度より確認し、概ね弾性状態を超える場合は要素ごとの面内せん断ひずみを踏まえて漏えい量を算出し、換気能力を下回ることを確認いたします。

また、面外方向につきましては、面外曲げに対して鉄筋が降伏しないことを確認することとし、鉄筋が降伏する場合は別途詳細検討を実施することとしております。

また、屋根スラブの構造強度につきましては、表の注4ということで表の下に記載しておりますが、気密性に対する評価方針を満足していることを確認することにより、構造強度を確保する方針といたします。

次、ページ飛びまして13ページをお願いします。13ページは、前回会合の指摘事項を踏まえまして、水平ブレースを含めた屋根トラスの各部材のクライテリアについて見直しをしております。前回会合では、屋根トラス各部材のクライテリアにつきまして、弾塑性特性の考慮の有無等によって評価部位ごとに整理しておりましたが、前回会合での指摘事項を踏まえまして、水平ブレースを含めた屋根トラスの主要部材の許容限界につきましては、構造部材としての健全性確保の観点から主要部材が弾性範囲であることを確認する方針とし、弾性範囲を上回る場合は別途詳細検討を行う方針としております。

原子炉建物屋根トラスの解析モデルの弾塑性解析の適用に関するコメント回答は、以上となります。

○山中委員 それでは、質疑に移ります。質問、コメントございますか。

○羽場崎審査官 規制庁、羽場崎です。

基礎スラブについて確認させていただきます。資料1-2-3の3ページになります。このページの最後のパラグラフのところですね、ただし以降の文章なんですけども、追っていきますと、基本的には詳細設計段階において弾性設計用地震動 S_d に対する荷重組合せについて、影響を確認することとするということの記述があります。この S_d と荷重組合せについてなんですけれども、荷重状態Ⅲのですね、この S_d と通常運転時の温度荷重の組合せについて、これを検討する方針であるという理解でよろしいでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

そのとおりで、 S_d につきましては常時荷重と地震荷重による検討として、短期評価のほうを実施したいというふうに考えております。

以上です。

○羽場崎審査官 規制庁、羽場崎です。

通常時の温度、通常運転時の温度荷重との組合せも考慮されるという形で理解しました。

それともう一点、今日の資料、パワポの資料じゃなくてまとめ資料のほうをちょっと見ていただきたいんですが、189ページになります。よろしいでしょうか。189ページの下の方のほうですね、基礎スラブの平面図があります。基礎スラブにはですね、高圧炉心スプレイ系のポンプですね、HPCSというのが文字が引き出しであるかと思っておりますけれども、それ以外にもですね、低圧系スプレイ系ポンプだとかですね、Sクラスのポンプが存在してまして、これ建設工認時にはその耐震設計がされています。今回、これらのポンプを支持するピットについても耐震検討をするという方針でよろしいでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

ポンプのピットにつきましては、既工認で熱による評価をやっておりましたが、ここについては熱の荷重については既工認から変更がないので、ここの耐震評価としては多分既工認と同様となるということで既工認で実施済みというふうに考えております。

ただ、ピット部の底部に関しましては、今回地震荷重が変わっておりますので、その評価については必要であろうかというふうに考えております。

以上です。

○羽場崎審査官 規制庁、羽場崎です。

建設工事の資料をよく見ていただいておりますね、多分当時はS1、S2に対する地震力との組合せで配筋等を決めているというふうに理解していますので、地震荷重も考慮されているという理解ですので、十分見ていただいて、必要に応じて今回新しい地震荷重に対する検討をしてもらいたいというふうに考えます。

以上です。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

承知いたしました。詳細設計段階のほうで荷重の組合せとかも含めてお示しして、検討結果については説明させていただきたいと思います。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

今、議論になった基礎のポンプの掘り込み部のところですね。こういったところは計算書としては建設工認の中で割と全体のボリュームの中に埋め込まれていて、なかなか見つけにくかったんですが、こういった建設工認、既工認での評価部位に関して、詳細設計段階では評価部位とか評価の項目とかこういったものが網羅されているか否かということについては補足説明資料の中に既工認の評価対象部位、評価項目との比較があって、合理的な理由がない限りは省略できないと。合理的な理由というのは、荷重が包絡されていて明らかにもうやる必要がないとか、それからほかの評価部位のほう明らかに支配的でここは問題にならないからもうあえて示す必要はないんですよという説明ですね、そういったこれはあくまでも例示ですけど、こういった説明がない限りは基本的にはやらなくちゃいけないということなので、今回のこの基礎のポンプのピットの件だけではなくて、それ以外の部分も含めて既工認、これは改造工認、建設工認を含めてこの中から全て対象の部位

とか項目については網羅をまずして、調査をして、それに対して網羅されているかどうか。これをちゃんと今後検討してください。

私からは以上です。

○中国電力（阿比留） 承知いたしました。

○山中委員 そのほか、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

○中国電力（北野） 中国電力の北野でございます。

御指摘の点につきましては、詳細設計段階できちんと仕様に反映していくとともに、すみません、内容の御説明をするとともに、今回の方針についてはまとめ資料に反映しますので、よろしくお願いします。

○山中委員 そのほか、よろしいでしょうか。

それでは、以上で、議題を終了いたします。本日予定していた議題は以上です。

今後の審査会合の予定については、3月12日木曜日にプラント関係（非公開及び公開）、3月13日金曜日に地震・津波関係（非公開及び公開）の会合を予定しております。

それでは、第845回審査会合を閉会いたします。