

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第797回

令和元年11月14日（木）

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797回 議事録

1. 日時

令和元年11月14日(木) 10:00～11:28

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

羽場崎 淳 主任安全審査官

照井 裕之 安全審査官

服部 正博 安全審査専門職

山崎 宏晃 統括技術研究調査官

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 副本部長

山田 恭平	執行役員	電源事業本部	部長（電源土木）
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）
黒岡 浩平		電源事業本部	担当部長（電源土木）
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）
大熊 晃一路		電源事業本部	担当（耐震設計建築）
吉次 真一		電源事業本部	マネージャー（耐震設計土木）
中野 正之		電源事業本部	担当課長（耐震設計土木）
高松 賢一		電源事業本部	副長（耐震設計土木）
水野 浩尚		電源事業本部	担当（耐震設計土木）

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 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（耐震設計の論点）〔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 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（耐震設計の論点）〔土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化について〕
- 資料1-3 島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（耐震設計の論点）〔後施工せん断補強筋による耐震補強〕
- 資料1-4 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（設計基準対象施設：第4条（地震による損傷の防止））
- 資料1-5 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797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。

議事に入ります。

それでは、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、第4条、地震による損傷防止のうち、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、土木構築物の解析手法及び解析モデルの精緻化について及び後施工せん断補強筋による耐震補強につきまして、三つのパートに分けて御説明し、都度、御質問を受けたいと考えております。

また先般、790回の審査会合におきまして、先行炉の実績を踏まえて審査資料を作成、説明することとのコメントを受けまして、社内で体制強化等を図ってきております。ただ、本日の資料につきましては、資料提出時期との関係で十分に内容が反映できてない箇所がありますので、その箇所につきましては、口頭で補足の説明をさせていただきたいと考えておりますので、よろしく願いいたします。

それでは、電源事業本部副長の落合のほうから御説明させていただきます。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。よろしく願いします。

それでは、パワーポイントの資料1-1、地震による損傷の防止の論点といたしまして、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。

2ページをお願いします。上段の黒枠内に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関する論点の概要を記載しております。

黒枠下段の論点に関わる説明概要が本日の説明要旨になりまして、今回工認の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方針を示しております。

まず既工認については、原子炉建物屋根トラスの解析においては、2次元フレームモデルを用いた静的応力解析による評価を実施しておりました。

今回工認では、入力地震動の増大に伴い、基準地震動 S_s による検討において材料の非線形特性を考慮した3次元フレームモデルによる弾塑性解析を採用する方針としております。

下段の先行プラント実績につきましては、川内原子力発電所タービン建屋の解析で考慮したブレースの弾塑性特性及び東海第二原子力発電所原子炉建屋の解析で考慮したトラス

部材の弾塑性特性として採用実績のある手法を用いることとしております。

3ページをお願いします。まず本資料では、原子炉建物屋根トラスの解析モデルにつきまして、既工認モデルと今回工認で採用予定のモデルの差異及びモデル変更の目的を整理いたしまして、論点を抽出した上で、その適用性・妥当性を検討いたします。また、要求機能を踏まえた屋根トラス各部材及び屋根スラブの機能維持評価の方針について整理いたします。

それでは、内容の説明に入りまして、まず、1.原子炉建物屋根トラスの概要を示しております。

二つ目のポツになりますが、屋根トラスの耐震補強を行っております、概要につきましては、後ほど補足のほうで御説明いたします。

4ページをお願いします。4ページでは、原子炉建物屋根スラブの概要を示しております。

5ページをお願いします。5ページ～7ページでは、原子炉建物屋根トラスの地震応答解析モデルと設計クライテリアについて御説明いたします。

まず、(1)の解析モデルの概要について御説明いたします。

解析モデルは、ページ下の図に示しておりますとおり、燃料取替床レベルより上部の鉄骨部材等を線材によって、また、耐震壁や屋根スラブについては、面材によってモデル化した3次元フレームモデルを採用いたします。

6ページをお願いします。次に、(2)といたしまして、鉄骨部材の弾塑性評価について、基準地震動 S_s に対する評価を実施する際、トラス材としてモデル化した部材の一部につきましては、塑性領域に入ると考えられるため、部材座屈後の挙動を模擬できる手法である修正若林モデルに基づく弾塑性特性を考慮する予定としております。詳細は、後ほど御説明いたします。

次に、(3)として、入力地震動と材料減衰の設定につきまして、解析モデルへの入力地震動は、原子炉建物の質点系モデルによる燃料取替床レベルの応答結果を用いて、水平、鉛直及び回転成分の同時入力による地震応答解析を実施いたします。

入力地震動の取り出し位置を右の図の赤丸で示しております。

次に、減衰につきましては、鉄骨造の構造物に一般的に適用している剛性比例型を採用しております。鉄骨造部分につきましては、応答に影響の大きい鉛直方向の1次固有振動数に対して減衰定数を2%とした減衰係数を設定いたします。

7ページをお願いします。次に、(4)といたしまして、要求機能に対する設計方針及び設

計クライテリアについてですが、下の表に各部位ごとの要求機能と評価方針を整理しております。

まず、屋根トラスにつきましては、Sクラスである二次格納施設のバウンダリを構成する屋根スラブの間接支持構造物としまして、基準地震動 S_s に対して屋根スラブを支持できることを確認する方針としております。

次に、屋根スラブにつきましては、二次格納施設のバウンダリとして気密性の確保が要求されるため、屋根スラブに発生する面内せん断力に対して、概ね弾性状態であることを確認し、概ね弾性状態を超える場合には、 $2,000\mu$ に対する漏えい量を算定し、換気能力を下回ることを確認する方針としております。

また、屋根スラブの面外方向につきましては、屋根トラスの地震応答解析モデルにおいて面外剛性を考慮していないことから、質点系モデルの結果を用いて、面外曲げに対して鉄筋が降伏しないことを確認する方針としております。

8ページをお願いします。8ページの下の方に原子炉建物屋根トラスの既工認時と今回工認時の解析モデルの比較を示してありまして、主要な差異として抽出した原子炉建物屋根トラスに対する弾塑性時刻歴応答解析の採用について、次ページ以降で御説明いたします。

9ページをお願いします。9ページでは、弾塑性解析を採用することの目的について御説明いたします。

今回工認では、基準地震動 S_s による地震動の増大に伴い、トラスを構成する部材の一部が塑性領域に入ると考えられるため、屋根トラスの弾塑性挙動を適切に評価することを目的としまして、部材の弾塑性特性を考慮した地震応答解析を採用する予定としております。

原子炉建物屋根トラスの応力解析に弾塑性解析を取り入れることによる利点としましては、既工認で採用していた弾性解析では表現できないような大入力時の弾塑性挙動を評価できることにあると考えています。

屋根トラスの部材の弾塑性特性の考慮につきましては、下の表に整理しておりますとおり、軸力のみを負担するトラス要素でモデル化する部材に対しまして、弾塑性特性として、修正若林モデルを採用する予定としております。

修正若林モデルを用いた弾塑性解析を実施することによって、一部部材の塑性化を考慮することになるため、当該部材のクライテリアについては、後ほど御説明いたします。

10ページをお願いします。10ページでは、弾塑性特性の設定の妥当性・適用性について整理しております。

今回採用予定の修正若林モデルは、原子力発電所建物のX型ブレース架構を対象として実験との対応度を向上させた手法となっております。

また、提案当初のX型ブレース架構に加えまして、原子炉建物屋根トラスを模擬した加力実験のシミュレーション解析によってもその適用性が検証されており、今回原子炉建物屋根トラスの鉄骨部材のうち、トラス要素としてモデル化した部材の弾塑性特性として、修正若林モデルを採用することは妥当であるというふうに考えております。

11ページをお願いします。11ページでは、各部材のクライテリアについて御説明いたします。

下の表に、今回工認における屋根トラス各部材のクライテリアを整理しております。

弾塑性特性を適用する部材につきましては、過度な塑性化をしないことを確認する予定としております。また、主トラスにつきましては、既工認時から地震力を負担する部材として取り扱っているため、今回工認においても既工認と同様に弾性範囲内であることを確認し、弾性範囲を上回る応答が生じた場合には、別途詳細な検討を行う方針としております。

また、塑性化する部材が過度な塑性化をしないことの確認に当たっては、各部材の累積塑性変形倍率を確認した上で、累積塑性変形倍率が最も大きい部材について破断の可能性がないことを検討したいと考えております。

12ページをお願いします。12ページにまとめを記載しております。

今回工認では、原子炉建物屋根トラスの評価に当たって、3次元フレームモデルによる弾塑性解析を採用し、弾塑性特性として修正若林モデルを考慮する予定としております。

修正若林モデルは先行審査で採用実績のある弾塑性特性であります。既往文献を参照し、その適用性・妥当性が検証されているということを確認いたしました。

また、屋根スラブの要求機能と評価方針を踏まえ、弾塑性特性を考慮する部材のクライテリアについても検討し、妥当性を確認いたしました。

以上より、今回工認において原子炉建物屋根トラスの評価に弾塑性解析を採用することは妥当であるというふうに考えております。

また、弾塑性特性を採用した屋根トラスの評価及び屋根スラブの検討により、屋根スラブの二次格納施設としての機能維持の評価方針について整理いたしました。

13ページをお願いします。13ページは補足になりますが、原子炉建物屋根トラスの耐震補強の概要について記載しております。

補強内容としましては、主トラスやサブトラスについて補強材の追加等を実施しております。左の下の図に補強対象部材と右の表に補強部材の詳細のほうをお示ししております。

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の説明は以上となります。

○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 原子力規制庁、羽場崎です。

屋根トラス、それと屋根スラブについて確認します。

まず最初、トラスのほうで、パワーポイントの11ページのほうですね。ここで水平ブレースの要求機能がハイフンとなっています。島根2号炉の場合、建設時から水平ブレースというのは、地震力、水平力を伝達させる主要な構造部材というふうにして設計されているというふうに認識していますが、今回ここで水平ブレースが要求機能のところが高ハイフンとなっている。トラスに合わせるならば、水平荷重の支持とか、伝達というふうになると思うんですが、なぜハイフンにした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。

水平ブレースの支持機能のところのバーにつきましては、ちょっとここにつきましては、主な機能ということで、水平地震荷重の負担ということと支持機能というところに着目しまして、ちょっとここについてはバーと記載をしましたが、おっしゃられるとおり、水平ブレースにつきましては、地震荷重を伝達する役割というのは持っておりますので、そういった機能は今も既工認のときからありますので、ここについては、ちょっと記載のほうは必要があれば適正化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 規制庁の羽場崎です。

先行炉との比較とかされていると思うんですけれども、先行炉の屋根トラスのタイプも、水平ブレースに地震力を負担させる場合と、あるいはさせない、仮設として扱う場合とありますので、島根2号炉に合った先行炉との対応、例えば東海第二がそうだと思うんですけど、それを反映する形で記載等も適切なものにしてもらいたいというふうに思います。

水平ブレースの評価方法、許容限界に相当するものが書いてあると思います。過度な塑性化はしないことというクライテリアになっているかと思うんですけれども、先ほど申しましたように、主トラス等と同様の主要な構造部材として島根2号炉の場合は考えられてい

ると考えますと、この許容値、評価方法のところは同様に、主トラス等と同様に弾性範囲内にする、弾性範囲内であることを確認するとか、そのような観点で健全性を確保すべきだというふうに考えますが、その点はどうでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

現在、この水平ブレースにつきましては、今、評価方法としては、過度な塑性化をしないことを確認と書いておりますけども、おっしゃられるとおり、島根2号炉の水平ブレースにつきましては、建設時から本設として設置しておりますので、基本的な考え方としては、弾性範囲内にあるということを確認した上で、それを上回る場合につきましては、過度な塑性化をしていないということで、先行でやられているような破断の可能性がないということを確認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。

この記載の仕方等も、先行炉の状況も踏まえて適切なものにしてもらいたいというふうに思います。

もう一つ、屋根スラブのほうについて確認します。

資料ですと、7ページのほうに、屋根スラブに関する記載があるかと思います。今回、屋根スラブも屋根トラスのモデルの中に剛性を取り込んでモデル化するという説明があったかと思います。たしか建設工認時にはその考えはなく、水平力は水平トラスで負担するというところだったかと思います。ということは、今回、建設時には考えてなかった屋根スラブを構造部材として考慮するという考えになったということでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

既工認時につきましては、おっしゃられるとおり、構造部材として2次元フレームモデルの中にモデル化としては入れておりませんでした。今回は3次元モデルにしたときに、屋根スラブの面内剛性につきましては、モデル化として中に組み込んで地震応答解析を実施して、応力評価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。

そうしますと、7ページには、屋根スラブは、二次格納施設のバウンダリということで、漏えいに対する検討しますというふうに書いてあるんですけども、構造部材としての評価も入るということで、例えば大飯の3、4号機でアニュラス区画構造物というところが、

まさに鉄骨造とRCのスラブの構造になっていまして、そういう先行実績の評価方法等も踏まえまして、構造部材及び二次格納施設のバウンダリとしての評価、特に許容限界の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。

御指摘の点、承知しましたので、今後御説明したいと思います。

以上です。

○羽場崎審査官 では、資料のほうで説明を受けたいと思います。

私のほうからは、以上です。

○山中委員 そのほか、質問、コメントございますか。

よろしいでしょうか。

それでは、続いて、資料の説明をお願いいたします。

○中国電力（高松） 中国電力、高松です。

それでは、島根原子力発電所2号炉、地震による損傷の防止のうち、土木構造物の解析手法及び解析モデルの精緻化に関しまして、資料1-2に沿って御説明いたします。また、再度先行炉の資料を詳細に確認し、聞き取りも実施してまいりましたので、それを踏まえた内容も補足させていただきます。

それでは、1ページをお願いします。ここでは屋外重要土木構造物の評価手法の概要について、既工認と今回工認を表で比較しております。既工認との相違については、論点として抽出し、次ページ以降で御説明します。

それでは、2ページをお願いします。ここでは4月9日の4条審査会合における土木構造物の耐震評価に関する各論点と論点に対する評価対象設備を整理いたしました。

3ページをお願いします。評価対象設備のうち、既工認の設備について要求性能、解析手法、解析モデル及び許容限界を表に整理しております。

それでは、4ページをお願いします。今回工認の屋外重要土木構造物などの評価対象設備について、先ほど同様に要求性能、解析手法、解析モデル及び許容限界を表に整理しております。

許容限界についてですが、当社は既工認時から、鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説（日本建築学会（1982年改訂））に準拠してまいりましたので、鉄筋コンクリート構造物については、基本的に既工認同様に許容限界を設定いたします。

また、鉄筋コンクリート構造物でも、こちらに記載の一番上にあります取水槽などの2

号炉建設時からの既設構造物については、今回工認では、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005）に準拠しまして、許容限界を設定する方針でございます。

今回、この4ページの表のように記載させていただいておりますが、先行炉の実績を確認しましたところ、当社の準拠基準や許容限界の考え方にはばらつきがあると認識しておりますので、今後、構造形式と要求性能に応じて、先ほど申しました先行炉で実績のある屋外重要土木構造物の土木学会マニュアル、またはコンクリート標準示法書を基本に変更してまいりますことを検討していきます。

それでは、5ページをお願いします。ここでは、評価対象設備の配置図をお示ししております。

それでは、6ページをお願いします。ここでは、既工認と今回工認の評価手法の相違点の整理に基づく論点と各論点に関する、この後、説明するページを記載しております。

それでは、7ページをお願いします。それでは、論点Ⅱ-22として、精緻化のうち、時刻歴応答解析の適用を挙げております。

説明概要ですが、時刻歴応答解析を適用する土木構造物の解析手法及び解析モデルの考え方を8ページで、時刻歴応答解析において考慮する履歴減衰及びRayleigh減衰の考え方を9、10ページで御説明いたします。

先行プラントの実績については、こちらに記載のとおりです。

それでは、8ページをお願いします。一つ目のポツですが、屋外重要土木構造物の耐震安全性評価については、既工認では、地震応答解析手法として時刻歴応答解析及び周波数応答解析を採用してまいりましたが、今回工認では、構造物や周辺地盤の非線形性をより精緻に再現できる時刻歴応答解析を適用します。

解析モデルについては、右下の取水槽を例に示しますとおり、地質データに基づくFEMモデルを適用いたします。

それでは、9ページをお願いします。二つ目のポツですが、今回工認で採用している時刻歴応答解析においては、地盤及び構造物の減衰は粘性減衰と履歴減衰とで考慮します。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下のRayleigh減衰を解析モデル全体に与えます。

取水槽ポンプ室断面で設定するRayleigh減衰の1例を次の10ページにお示しします。

それでは、10ページをお願いします。右側の表に取水槽ポンプ室断面で実施いたしました固有値解析結果をお示しします。そして、左側の図に取水槽ポンプ室断面で設定するRayleigh減衰のフィッティング結果をお示ししております。

土木構造物においては、基本的に地中構造物を対象としておりまして、埋戻土の挙動に支配されます。

取水槽の場合、刺激係数を踏まえまして、1次と10次のものが卓越すると判断してフィッティングし、Rayleigh減衰を設定いたします。

また、これについては、モード図の確認や先行炉の手法で設定いたしましても、あまり差異がないことも確認をいたしました。

また、最後のポツになりますが、履歴減衰による減衰については、構造部材の部材非線形における非線形の程度に応じた値といたします。

それでは、11ページをお願いします。

論点Ⅱ-24として、精緻化のうち、限界状態設計法の適用（限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみ及びせん断耐力による評価）を挙げております。

説明概要ですが、限界状態設計法の適用の方針を下のポツにお示ししております。詳細は、次の12ページ～21ページにて御説明します。先行プラントの実績は記載のとおりです。

それでは、12ページをお願いします。二つ目のポツですが、今回工認では、屋外重要土木構造物の地震応答解析手法として時刻歴応答解析を適用した限界状態設計法による設計法を採用いたします。

三つ目のポツですが、「耐震設計に係る工認審査ガイド」において、適用実績のある耐震設計に関連した規格及び基準等で示されてはおりませんが、先行炉で審査実績のあります原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会、2005年）の適用性について、次ページ以降で検討します。

それでは、13ページをお願いします。13ページ、14ページでは、構造物の曲げ照査に係る土木学会マニュアルの適用性について記載しております。

13ページの一つ目のポツですが、今回工認における曲げに対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、限界層間変形角もありますが、当社は、基本的に詳細を圧縮縁コンクリートひずみが、限界圧縮縁コンクリートひずみを超えないことを確認いたします。

下図にコンクリート標準示法書（土木学会、2002）による構造部材の終局変位の考え方を示しておりますが、土木学会マニュアルによる現照査手法は、コンクリート標準示

法書（2002）による照査よりも安全側の評価を与えるため、適用性を有しております。

それでは、15ページをお願いします。15ページ～21ページでは、構造物のせん断照査に係る土木学会マニュアルの適用性について記載しております。

今回工認におけるせん断に対する照査は、土木学会マニュアルに基づき、詳細をせん断力がせん断耐力を下回ることを確認いたします。

応答せん断力とせん断耐力の比に構造物係数を乗じた数値が1.0を下回ることを確認をもってせん断破壊に対する照査といたします。

せん断耐力は、以下の3つ、せん断耐力評価式、分布荷重を受ける部材のせん断耐力評価法。材料非線形解析を用いる方法の選択肢のいずれかを用いて評価いたします。

(1)で、全部材の照査を行った後、不合格とされる部材だけ取り出して、(2)や(3)の再照査を行います。

なお、後ほど御説明しますが、後施工せん断補強鉄筋による耐震補強を行う場合、先行炉と同様、当該部材には、上記(3)の材料非線形解析により、せん断耐力を算出する方法は適用しないこととしております。

それでは、16ページをお願いします。ここでは、せん断照査のうち、せん断耐力評価についてお示ししております。

では、17ページをお願いします。17ページ及び18ページでは、せん断照査のうち分布荷重を受ける部材のせん断耐力評価法として等価せん断スパン比を用いた方法と線形被害則を用いた方法についてお示ししております。

それでは、19ページをお願いします。19ページから21ページではせん断照査のうち材料非線形解析を用いたせん断耐力評価についてお示ししております。

それでは、少し飛びまして、22ページをお願いします。論点Ⅱ-25として、精緻化のうち隣接構造物のモデル化の適用を挙げております。

説明概要ですが、二つ目のポチになりますが、今回の工認では、評価対象構造物に隣接する構造物の影響を考慮した現実的な挙動特性を把握する必要がある場合については、近接する構造物を等価剛性でモデル化いたします。

先行プラントの実績は記載のとおりです。

それでは、23ページをお願いします。一つ目のポチですが、評価対象構造物と隣接する構造物が接している場合、または評価対象構造物と隣接する構造物が近接する場合においては、隣接する構造物の挙動を含めた応答を正しく評価する必要があります。したがいま

して、隣接する構造物については、評価対象構造物との間の埋戻し材料や、それぞれの設置状況に応じて、隣接構造物が評価対象構造物の地震時応答に与える影響を踏まえ、モデル化要否を検討いたします。

その概要図を次ページに示しました。24ページをお願いします。①、②、③のように評価対象構造物と隣接構造物が接する場合、近接してその間が埋戻土や、MMR（マンメイドロック）の場合、地震時応答に与える影響を考慮し、隣接構造物をモデル化する方針といたします。

一方で、④のように、両者が十分に離隔を有する場合は隣接構造物をモデル化しない方針としております。

なお、このモデル化の考え方については、先行炉と差異がないと考えております。

それでは、25ページをお願いします。ここでは24ページの隣接構造物モデル化方針を踏まえたモデル化例をお示ししております。

26ページには、評価対象構造物と隣接構造物の位置関係をお示ししております。

それでは、27ページをお願いします。論点Ⅱ-27として、精緻化のうち質点系モデル（SRモデル）の適用を挙げております。

説明概要ですが、免震重要棟遮蔽壁は、「乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程JEAC4616-2009」に記載の地盤～杭基礎～建屋連成系の地震応答解析モデルを参考に設計する方針といたしております。

次の28ページには免震重要棟遮蔽壁の設置位置をお示ししております。

29ページをお願いします。屋外の上位クラス施設であります緊急時対策所の周辺には、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設として免震重要棟遮蔽壁が位置しております。免震重要棟遮蔽壁は、図面に記載のとおり、免震重要棟周りに延長約300mにわたり岩盤上に設置される鋼管杭に支持された鉄筋コンクリート造の遮蔽壁でありまして、このうち、緊急時対策所に影響を及ぼすおそれのある範囲は、直接上の区間36mでございます。

それでは、30ページをお願いします。免震重要棟遮蔽壁は、先ほど29ページでお示しました杭基礎に支持されました地上の鉄筋コンクリート構造物でありますことから、地盤～杭基礎～遮蔽壁の連成系モデルにより地震応答解析を行います。

四つ目のポチになりますが、基礎部の地盤ばね、水平ばね及び回転ばねについてですが、杭基礎と地盤の相互作用を考慮できる薄層要素法で評価いたします。

なお、これにつきましては、先行炉同様、薄層要素法に基づいた評価を実施した上で、

「原子力発電所耐震設計審査指針JEAC4601-1991」追補版による近似法により地盤ばねを設定してまいります。

解析モデルにつきましては、下にお示ししたとおりです。

以上で御説明を終わります。

○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。

○千明審査官 規制庁の千明です。

屋外重要土木構造物の耐震評価条件について確認いたします。資料の4ページをお願いします。

ここに示されている耐震評価条件整理一覧表に関して、先ほど、説明では先行プラントの実績を参考に今後見直していきますというお話がありましたが、今、ちょっと気づいた点を4点ほど確認させていただきます。

まず、1点目ですが、表の構造物のうち、上から四つ目の燃料移送系配管ダクトと五つ目の屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）の許容限界についてです。二つの構造物については、種別は同じダクトということなのですが、せん断に対する許容限界が許容せん断力とせん断耐力ということで異なっています。こういった構造物ごとに許容応力と終局耐力とを使い分ける理由と適用の考え方についてお聞きしたいのが1点目です。

続けますが、2点目ですが、表の上から四つ目の燃料移送系配管ダクトについてですが、ここでは許容限界として、曲げについては終局強度、せん断については許容せん断力としています。荷重の種別、曲げとせん断によって終局と許容限界とを使い分ける理由と適用の考え方について説明いただきたいのが2点目です。

3点目ですが、表の一番上の取水槽を例にしますが、曲げ系の破壊の許容限界について、限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみというふうにあります、「又は」ということで、使い分ける方針について説明していただきたいのが3点目です。

4点目、最後ですが、これも取水槽を例に挙げますが、曲げ破壊の許容限界の限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみについては、このクライテリア自体は構造物が崩壊しないことを確認するための照査項目であるというふうに、こちらは認識しているんですが、今回工認では、取水槽に止水機能を期待する面もございますので、それが構造物が崩壊しないことの確認で要件を満たしているのかどうかということについて、構造物の要求機能に応じた適用要件について、どのように考えているかということをお説明していただきたいのが4点目です。

以上4点について御説明をほうをお願いいたします。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

基本的には、先ほど説明したとおり、もう一度、先行サイトのほうを見て、構造物、種別、あと要求性能を増えまして、許容限界については、改めて御説明させていただきたいと思っております。

まず、一つ目、燃料移送系配管ダクトと屋外配管ダクトの同じく間接支持性能としての要求性能のところで許容限界のところが異なっているというものについてでございますけれども、これにつきましては、屋外配管ダクトの復水貯蔵タンク～原子炉建物というものが2号当時に作成したダクトでございます。燃料移送系配管ダクトは、この度、新しく設置する計画のものでございまして、そこで基本的には終局強度、許容せん断耐力という既工認と同じ設計思想を考えていたんですけれども、2号当時の屋外配管ダクトにつきましては、さらに土木学会のほうのマニュアルに基づきました限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみということで、基準を変えて評価をしようというふうに考えているものでございます。これにつきましては、それ以外の取水槽とか、同じく屋外配管ダクトのタービン建物～排気筒につきましても、同様の考え方で、今、お示しをさせていただいております。

二つ目の燃料移送系配管ダクトにおけます曲げについては終局強度、せん断については許容せん断力というところにつきましては、これも当初、我々が既工認で整理しておりましたせん断につきましては、なるべくせん断耐力まで行かずに許容の中で整理をしようという考え方のもとで既工認のものをやっておりましたので、新しくつくるものにつきましては、せん断耐力については許容をできるだけ満足するようというふうな設計思想でおりましたけれども、これにつきましても、今後、変更等を考えさせていただきたいと思っております。

三つ目でございます。取水槽の曲げのところで、限界層間変形角又は圧縮縁コンクリート限界ひずみということで記載をさせていただいておりますけれども、島根につきましては、圧縮縁コンクリート限界ひずみを今後御説明していきたいというふうに考えておりますけれども、これにつきましても先行サイトを踏まえまして、また御説明させていただきたいと思っております。

最後に取水槽の要求性能、止水性能につきましては、今回、許容限界につきましては、あくまでも我々の認識不足で、間接支持性能のところをメインに記載をさせていただきま

した。ただ、止水性能等につきましては、この部分につきましては先行サイトのほうを確認させていただきまして、圧縮限界のひずみとして2,000分の1とか、そういった数字を用いて先行サイトが評価をさせていただいているというところを確認させていただいておりますので、止水性能、貯水性能につきましては、改めて許容限界を設定させていただいて、要求性能に対するものを今後御回答させていただきたいと考えております。

以上です。

○千明審査官 規制庁の千明です。

今、説明いただいた内容を資料化させていただいて、説明いただければというふうに思います。よろしくをお願いします。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、ございますか。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

冒頭で、今日、説明の際に規格基準の適用性を検討したり、既工認実績を踏まえた説明を今後していきますということで、修正の可能性を示唆した説明だったということで理解をしましたがけれども、今の質疑を聞いていて思ったんですけれども、ほかのサイトでも、やはり、許容限界をいろいろ使い分けをしていて、その考え方は整理しているんですが、ちょっと注意していただきたいのは、まず、基準適合上、その施設に求められる機能は何なのか、その機能を果たすために必要な性能は何なのか、それに応じて許容限界はまず決まってくると。

既設か新設かということで、新設であれば、新たに設計して建設するものとして、なるべく裕度を確保するという考え方に基づいて、許容値を若干保守的に振るということを恐らくする。多分、そういう説明をされたと思うんですけど、それは段階的な変更の考え方として説明していただくと理解しやすいんじゃないかなと思います。

だから、まずは基準適合上、機能を満たすために必要な性能は何なのか、その性能を満たすために許容値としてはこういうものを使いますというところをしっかりと説明していただいた上で、さらに保守的な配慮をするのであれば、それについてこうしました、というように、今までの既工認の計算書は大体そういうふうな書き方をしていますので、そういう整理をしていただきたいなと思います。

この兆候は代表断面の選定のところから実はあって、代表断面の選定の際に、やはり、その施設の部位の機能はどういう機能を果たすべきなのかという説明が適切にできていな

かったので、まず、その整理をちゃんとしていただいて、代表断面とともにこの許容値というのはあわせてしっかり検討していただきたいと思います。いかがでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

おっしゃられるとおり、前回の断面選定するときでも、そこに付随しているクラスの機器、配管も踏まえた要求性能があるのではないかという御指摘をいただいて、今、整理をしているところでございます。こちらのほうにつきましても、まず、基準に基づいた機能・性能、それに基づいた許容限界は何なのかというのを、まず明らかにした上で、我々として、それに対してどういった安全性、保守性を持った許容限界として設計をしていくかというところをすみ分けをきちんとして、今後御説明のほうをさせていただきたいと思っております。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょうか。

○日南川技術参与 原子力規制庁の日南川です。

解析手法及び解析モデルの精緻化に関して2点、お尋ねをいたします。

1点目は、パワポ23ページ、24ページに隣接構造物のモデル化について記載をされております。評価対象構造物に影響を与える隣接構造物の選定方針について、要求機能などの観点を含めて基本的な考え方を説明ください。

一例を挙げますと、④に十分な離隔を有する場合には、隣接構造物としてモデル化はしないというふうにあります。十分な離隔についてどのような考え方で離隔があるのかと判断しているかなど、詳細に御説明いただきたいと思います。

2点目ですが、パワポの30ページに、質点系モデルの適用に関する記載がなされております。免震重要棟遮蔽壁の地震応答解析モデルで適用する「乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程JEAC4616-2009」を参考にしております。既工認実績との関係、JEAC4616-2009を準拠せずに参考としてモデル化を行う基本的な考え方及びその妥当性について説明ください。

一例ですが、線状構造物である遮蔽壁に乾式キャスクの使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造設計に関する技術基準を適用できるかどうか等についても、あわせて御説明いただきたいと思っております。

以上です。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

隣接構造物のモデル化につきましての御質問でございます。これにつきましては、隣接構造物が与える影響、あと要求機能というところでの御説明だと思っております。これについては、先ほどもありましたけれども、断面選定での選び方によって、また変わってくるのだと思っておりますので、今後、また充実させていこうと思っておりますけれども、まずは隣接構造物がどういったところにあるのかと。それがあることによって評価対象構造物に対してどういった影響を与えるのか。例えば、土圧の軽減を与えるのか、それとも構造物として短周期のように揺れるのかと、そういったところも踏まえまして、今後、また追加で御説明のほうはさせていただこうと考えております。

御質問のありました例といたしましての④番の十分な離隔といったところについては、整理をしようと考えておりますけれども、例えば、隣接構造物の埋め込みの深さによっては、それが揺れることによる影響というものが評価対象構造物へ直接与えるような離隔の距離と、それは埋め込みの深さになるのか、それとも構造物の大きさによるのかと、そういったところをもう少し整理をいたしまして、④番、どういったものについてはモデル化しないというところも踏まえまして、今後さらに説明をさせていただきたいと考えております。

もう一つの30ページの質点系モデル（SRモデル）の適用のところでございます。これにつきましても、先行サイトの事例を確認しております。今後、それに基づいて、もう少し詳細な説明のほうをさせていただこうと考えておりますけれども、基本的にはJEAC4616-2009に書いてございます地盤～杭基礎～遮蔽壁連成系モデルに記載がございます。我々としては、岩盤の中に入っている杭基礎の部分をどういったモデル化をするかというところで、従来からあります考え方が、今回、JEACに記載されているところでJEACの記載をさせていただいておりますけれども、そこにありますような薄層要素法の考え方、あと従来からあるJEAC1991の近似法というものを使ってのやり方といったものを先行サイトの確認をさせていただきまして、もう少しわかりやすい資料にさせていただこうと思っております。

あわせまして、適用性についてでございます。我々としては、おっしゃられるとおり、建物系の杭の入ってる、要はもう少し幅広な構造物に対しての記載のJEACだということは認識しておりますけれども、線状構造物奥行き方向にも杭が何本か複数のものがあると、そういった複数の杭をモデル化した地盤のばねを選定するという考え方は適用できるのではないかと考えて、今、記載をさせていただいておりますけれども、これにつきましても、あわせまして適用性について、もう少し整理をいたしまして御説明をさせていただきたい

と考えております。

以上です。

○日南川技術参与 原子力規制庁の日南川です。

2点とも整理をして説明をいただけるというふうな御回答だと判断をしております。わかりやすい資料で提示いただければと思います。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○江寄調査官 規制庁の江寄です。

24ページの、今、議論されている隣接構造物のモデル化の話ですが、ここで吉次さんのほうから話がありましたけども、隣接構造物に関して、基本的に床応答の観点でもどう考えるかということも、今後、検討されるというような御発言がありましたけども、その際には隣接構造物の規模とか、あと応答特性も踏まえた上で、実際に収納される機器にどのような影響をもたらすのかという観点からも評価していくものだと考えています。

それに関して、どう考えているかというのが1点目で、もう一つが例えば24ページで出ている①番、完全に隣接構造物と接する場合、そして③のように、かなり剛性の高いものが介在するもの、そういうようなケースにおいては、例えば、相手側、隣接構造物が例えばSクラスの建屋等であれば、当然、建屋側にも波及的な影響を及ぼす可能性がありますので、それは設計に反映しないといけないのではないかと思いますけども、そうしたモデル化したことによって設計をどのように展開していくのかということの考え方についても整理されているのであれば説明ください。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

一つ目のものにつきましては、今後、評価対象構造物の断面選定の中で、こういった断面、重要な機器が乗っている断面がどこにあって、それに対して隣接構造物がこういった配置にあるのかといったところがメインなことになると思いますので、採用する場合についての断面選定の考え方、その機器も含めまして確認をさせていただきたいと思います。

二つ目の隣接構造物への影響につきましては、これについては事例で検討をまず試みて、こういった影響があるのかということも確認をさせていただいて、それについてのまたやり方といいますか、考え方、こういったもので考えをしていくのかということのを、まず御説明させていただいて、評価の結果等につきましては、後段の中での多分御説明になるんだと思いますけれども、そういったところの考え方については、今後御説明を整理して持

っていきたいと思います。

以上です。

○江寄調査官 規制庁の江寄ですけども。

今し方の二つ目の話は、場合によっては、そちらのほうで御担当されている土木と建築相互で検討していくような話になると思いますので、その辺は漏れなく検討していただくということで、基本的には、今の許可の段階でどのような考え方にしていくかという方針だけは我々に提示していただきたいと思っています。

以上です。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

隣接構造物をモデル化する場合については、あわせてその考え方についての方針を御説明したいと思います。

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。

資料の27ページから始まる質点系モデル（SRモデル）の適用というところなんですが、ここで参考としているJEAC4616-2009なんですが、これはどちらかというところ、立地多様化の観点で多様なサイト条件があるから、杭基礎とか、そういったもので相互作用効果も適切に考慮した上で建屋を設計するというところの基準だと思います、規格だと思います。それで、岩盤に立地した壁の基礎のモデル化、そこを念頭にこれを適用しているんですけども、なぜこれを用いることにしたのかというところをしっかりと説明していただけると、そうすると、理解可能な状況になるのかなと。なぜ、これを持ってきているのか、何のためにこれを使うのかというところを、しっかりと説明を今後していただきたいと思っています。いかがでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

今回、土木構造物について、これを持ってきているというところの理由、我々が採用した理由だと思いますので、適切に整理をして持ってきてきたいと思います。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○服部専門職 規制庁の服部です。

パワーポイント資料の10ページを開いてください。Rayleigh減衰の設定について2点確

認します。

まず、ここでは取水槽を例に挙げて具体的な設定方法を示していますが、Rayleigh減衰の具体的な設定及び設定の保守性については、詳細設計段階で構造物ごとに説明をしてください。

その理由は、構造物ごとに要求機能が異なるために、それぞれ着目する振動数領域が異なること、構造物ごとに構造条件、地盤条件、周辺条件、モデル化範囲等の条件が異なるために、それぞれの構造物で応答特性が異なって、かつ、詳細な条件は詳細設計段階で確定することなどがあります。よろしいでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

おっしゃられるとおり、固有値解析を実際にやって、見てみないと、こういったところが影響があるものなのかと、そういったところが御説明できないとっておりますので、後段のほうで御説明をさせていただきたいと思っております。

以上です。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

このRayleigh減衰の適用に関しては、やはり、個別の施設でも状況は違うと思っておりますので、その適用性は工認段階で、詳細設計の段階で、多分、しっかり示していただくのがよろしいのかと思っております。

ただ、ちょっと説明をいただきたいのは、10ページ、こちらのほうに設定したRayleigh減衰、取水槽の例として、固有値解析結果等、Rayleigh減衰の適用した場合の減衰の曲線、振動数依存性ですか、これを示しているんですけど、これはぱっとこの図だけを見てしまうと、すごく過減衰のように勘違いされる方もいらっしゃると思うので、なぜ、このような下に集中するような形になっているのかということについて、この場で説明してください。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

先ほど少しだけ御説明させていただいたんですが、この取水槽につきましては、地盤の中に埋まっている地中土木構造物でございます。今回、固有値解析を行った結果、ほとんどが、断面図がなくて申し訳ございませんけれども、周りが埋戻土の物性でございますので、その埋戻土の物性を減衰としてゼロ%として低めに設定して、今回解析をさせていただいております。したがって、基本的には地盤の埋戻土の影響が多く出るモデルだと考えております。したがって、減衰としても、非常に低いところに分布をしている傾向が今回

の解析モデルであると分析をしております。

また、刺激係数を用いてやっているところにつきましては、個別のほうで御説明させていただきたいと思います。

分布として低いところになっている理由としては、埋め戻しの影響ではないかと考えております。

以上です。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

あと、これまでいろんなサイトでRayleigh減衰を設定して、その根拠とかを確認してきた経験からすると、ここに出てくるハッチングした右の表の1次モードは、これと当然一次的に片方向に振幅、全体系が片方向の振幅、10次に出てくる全体系の2次的に構造物周辺で反対方向の振幅で地盤が動くようなモード、それ以外の刺激係数が小さいモードに関しては、これは局所的な、特に表層地盤の局所的なモード、これがほとんどだと思います。

今回、その結果がこういうふうな減衰の推定の図になっているということだと思いますので、それについては、取りまとめ資料に、もう固有値解析をやっているのであれば、モード図も出力できると思いますので、主要なモードとそうじゃないモードがちゃんと区別がつくように、これは取りまとめ資料のほうに入れていただければ、それでいいのかなと思います。その上で、一回コメント回答等、これ全体のコメント回答のときに、取りまとめ資料でこういうふうになっていますということを説明していただければ、それでいいかと思います。いかがでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

おっしゃられるとおり、もうモード図も我々は確認しておりますので、取りまとめ資料のほうに反映させていただきまして、その他のコメント回答とあわせて御紹介がてら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、どうぞ。

○服部専門職 規制庁の服部です。

先ほど、名倉のほうから確認とか指摘がありましたように、まとめ資料のほうに記載をしていただきたいと思いますのですが、Rayleigh減衰に関してですね。

先ほど、中国電力からの説明でもモード図、あと先行を見て、差異がないことを確認しているということがありましたので、改めてになりますが、先行との比較や、モード図を

記載するなどして、考察をしてまとめ資料で説明をいただきたいと思います。よろしいでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

了解いたしました。

○服部専門職 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。

○植木審査官 規制庁、植木です。

4ページをお願いします。ここに挙げている対象構造物についての確認です。

このページではDBAの屋外重要土木構築物とSA施設の土木構築物、それから波及影響に対する設備がそれぞれ抽出されています。ここにある設備以外に内部溢水評価で屋外の耐震B・Cクラスのタンク類がSsに対して機能維持するとして、溢水の評価の際に溢水源としない扱いをしているタンクがあります。例えば、重油タンクとか復水貯蔵タンクなどがあります。これらのタンクの基礎とか防油堤、遮蔽壁の解析評価手法については、どの場で説明されるのでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

確認でございますけれども、内部溢水等が出てきている壊れないという評価をしているようなタンクの基礎としてのコンクリートはどのようなところで評価を御説明するのかということによろしかったでしょうか。

○植木審査官 規制庁、植木です。

そうです。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

基本的な考え方は、今回の解析の精緻化等に基づいて同じような評価をしていくと考えております。結果につきましては、それぞれの内部溢水であれば内部溢水の中で、今後御説明をしていくことになると考えております。

以上です。

○植木審査官 規制庁、植木です。

内部溢水の評価での詳細設計段階で説明していただくというふうに理解しています。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、いかがですか。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（高松） 中国電力の高松でございます。

それでは、続きまして、後施工せん断補強筋による耐震補強に関しまして、資料1-3に沿って御説明いたします。

また、先ほどと同様、本件につきましても先行炉の資料を詳細に確認し、聞き取りもさせていただきましたので、それを踏まえた内容も適宜補足させていただきます。

それでは、1ページをお願いします。4月9日の4条審査会合におきまして論点Ⅱ-26としまして、後施工せん断補強工法（ポストヘッドバー工法）の適用を挙げております。また、こちらに記載のとおり、先行炉の実績との類似点、相違点の整理、説明に関するコメントをいただいております。

それでは、2ページをお願いします。御回答ですが、ポストヘッドバー工法によるせん断補強効果について、先行炉（美浜3号炉及び東海第二）になりますが、と島根2号炉との類似点、相違点を整理し、その適用性について今回確認いたしました。

3ページをお願いします。一つ目のポチですが、島根2号炉の取水槽（スクリーン室）隔壁においては、地震時荷重によるせん断破壊に対する裕度向上対策として、後施工せん断補強工法の一つでありますポストヘッドバー工法（以下、PHb工法）と言いますが、これを採用いたしております。

それでは、4ページをお願いします。ここではPHb工法の概要についてお示ししております。二つ目のポチですが、建設技術審査証明においてPHb工法が受け持つせん断耐力は、鉄筋の材質、径ごとに定め、その値は先施工によるせん断補強鉄筋のせん断耐力の最大0.9倍で評価可能としています。

それでは、5ページをお願いします。ここからはPHbの適用性確認について御説明します。

PHb工法を島根2号炉の取水槽に適用するに当たり、建設技術審査証明報告書の適用範囲がせん断補強効果などについて確認を行い、島根2号炉の構造形式・諸元、地盤条件、使用環境、補強内容などが適用範囲に該当することを確認いたします。

右側の表には適用性確認項目とその内容、左側には確認フローをお示ししております。

なお、適用性確認におきましては、先行炉との類似点、相違点を整理した上で行います。

それでは、6ページをお願いします。6ページから19ページでは、フロー①適用性確認項目の抽出、フロー②建設技術審査証明報告書の適用範囲の確認、フロー③せん断補強効果の確認を行いました。

この6ページでは、フロー①の適用性確認項目の抽出、こちらのaからnまで記載の14項目の抽出を行いました。

次のページに行ってくださいまして、7ページから10ページでは、島根の使用目的、構造細目などがフロー②建設技術審査証明報告書の適用範囲内であることを確認いたしました。

続きまして、少し飛びまして、11ページから19ページになりますが、こちらではフロー③として、フロー②にて確認できなかった項目について、せん断補強効果が期待できることを確認いたしました。

15ページを御確認お願いします。15ページでは、確認項目1としまして応力状態、損傷程度について下の表に記載のとおり、先行炉、美浜3号炉及び東海第二と島根2号炉を整理いたしました。

二つ目のポチになりますが、定着体部の状況については、先行炉はM- ϕ 曲線を用いて部材が弾性域に入っていることを示しておりますが、島根2号炉では構造部材にファイバー要素を用いているため、応力-ひずみ曲線から弾性域であることを確認いたします。詳細については、次ページにて御説明します。

16ページをお願いします。部材の応力状態について、鉄筋コンクリートが健全であることを主鉄筋の引張応力-引張ひずみの関係から骨格曲線と解析結果により確認いたします。

隔壁において、主鉄筋の引張応力度の最大値は鉄筋の降伏強度を下回ることから、コンクリートに顕著なひび割れは発生せず、健全であると考えております。

それでは、20ページをお願いします。フロー③にてPHbのせん断補強効果が確認できなかった項目及びせん断ひび割れ抑制効果について、PHbの補強効果が期待でき適用性を有することを、先行炉同様、解析により補足いたします。

それでは、21ページをお願いします。21ページ、ここからは解析によるせん断補強効果の確認結果をお示ししております。

島根2号炉取水槽（スクリーン室）の隔壁について、PHbを考慮した材料非線形解析により力学的挙動を確認し、PHbの適用性を以下のステップ①から③により確認いたします。

22ページをお願いします。22ページから26ページでは、ステップ①ですが、こちらの枠内に記載の二つ目のポチになりますが、建設技術審査証明報告書におけるせん断耐力実験を対象に解析モデルを作成し、実験結果と解析結果においてせん断耐力を比較することにより、解析モデルの妥当性を検証します。

26ページをお願いします。下の表で記載のとおり、実験結果と解析結果の比率は、ケース①-Bで0.98、①-Cで1.03であることから、ステップ①における解析結果と建設技術審査証明報告書における実験結果が概ね整合的であることを確認いたしました。

それでは、27ページをお願いします。27ページから28ページではステップ②として、大きな部材厚に対する既往の実験結果に基づく評価方法の適用性の確認をいたしました。

28ページをお願いします。二つ目のポチですが、比較の結果、在来工法とPHb工法のせん断耐力の比率は、②-B、②-Cにお示ししますとおり、約90%でありまして、ステップ①の比率よりも大きいことが確認されました。

それでは、29ページをお願いします。29ページから34ページですが、ここではステップ③として、島根2号炉の実機の取水槽（スクリーン室）隔壁の部材諸元相当の部材の応答性状の確認を行います。

31ページをお願いします。二つ目のポチですが、材料非線形解析を実施しました結果、在来工法とPHb工法のせん断入の比率は約96%となりまして、審査証明におけるPHbのせん断耐力算出時に考慮する有効係数 β_{aw} の上限値90%を上回るせん断補強効果が期待できることを確認いたしました。

32ページをお願いします。ここではステップ③で行った材料非線形解析における在来工法とPHb工法の応答性状について御説明します。

次の33、34ページにお示ししますとおり、初期ひび割れの発生時、作用荷重時のそれぞれの段階において変形状況は、在来工法とPHb工法で顕著な差は見られず、概ね整合的な結果となりました。

それでは、35ページをお願いします。ここではフロー④施工実績・研究事例などの確認を行います。PHbの施工実績・研究事例などを確認した結果、以下に示すとおり、さまざまな施設及び幅広い範囲の部材厚にて豊富な施工実績がありまして、島根2号炉の構造物に採用する項目について十分に実績のある範囲にあることを確認いたしました。

それでは、36ページをお願いします。二つ目のポチですが、施工上せん断補強効果に影響を及ぼす可能性がある施工のばらつきに関する項目を抽出し、以下のとおり、適切な施工管理によりばらつきを生じさせない、もしくはせん断補強効果に大きな影響を及ぼさないことを確認いたします。

最後のポチになりますが、適切な施工管理を実施しても、なお発生し得る施工のばらつきに対する設計上の配慮として、耐震評価上の裕度を持たせる設計を行うこととし、照査

値値を8割程度に抑える設計をいたします。実際は31ページに記載のとおり、照査値を0.51ということで一定の安全率を確保できる見込みでございます。

さらに、先行炉で記載の低減係数0.75を仮に採用いたしても問題ないということと考えております。

それでは、37ページをお願いします。こちらに記載の下のほうの①のとおり、島根2号炉取水槽（スクリーン室）隔壁における材料非線形解析の結果、PHbによるせん断耐力は先施工によるせん断補強のせん断耐力の96%でありまして、審査証明におけるPHbのせん断耐力を算出値に考慮する有効係数 β_{aw} の上限値90%を上回るせん断補強効果が期待できることを確認いたしました。

したがいまして、島根では $\beta_{aw}0.9$ を使用しまして、せん断耐力を算定することといたします。

なお、先ほど、精緻化のほうで御説明いたしましたとおり、後施工せん断補強工は概ね弾性範囲となる状況下での適用であることを踏まえまして、先行サイトの審査実績を踏まえまして、当該部材には材料非線形解析によりせん断耐力を算出する方法は適用しないことと考えております。

こちらのページに記載のその他の確認結果も踏まえまして、最後、結論になりますが、一番上に記載のとおり、島根2号炉では先行炉と同様にPHb工法が適用できると判断いたしました。

以上で御説明を終わります。

○山中委員 それでは、質疑に移ります。質問、コメント、お願いします。

○服部専門職 規制庁の服部です。

パワーポイント資料の3ページを開いてください。ここで着色された部分は取水槽（スクリーン室）の隔壁になりますが、後施工せん断補強工法は、取水槽（スクリーン室）の隔壁のみに採用し、他の部位では採用しないということによろしいでしょうか。説明してください。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

他の部位については使用せずに、この着色している範囲を、今、考えております。

以上です。

○服部専門職 規制庁の服部です。

詳細設計段階でも採用部位が増える可能性は、今のところ、ないという理解でよろしい

でしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

今のところ、詳細設計段階におきましても対象とするのはこの部位だというふうに考えております。

以上です。

○服部専門職 規制庁の服部です。

では、許可段階では、取水槽（スクリーン室）の隔壁のみが適用範囲と考えておりますので、お願いします。

引き続きまして、パワーポイント資料の13ページを開いてください。表の右下の部分において、せん断スパン比11.0は「建設技術審査証明報告書の実験で用いられた部材のせん断スパン比（1.19～2.79）より大きいため、解析により適用性を確認している」とありますが、資料中に適用性を確認したという旨の記載がありません。せん断スパン比11.0の算定根拠を含め、せん断スパン比11.0の解析により適用性を確認したことがわかるようにまとめ資料に記載してください。よろしいでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

了解いたしました。まとめ資料のほうにせん断スパン比の考え方と解析によってせん断スパン比の結果はどうだったのかと、適合だったということを適切な場所のところに記載したいと思います。

以上です。

○服部専門職 規制庁の服部です。

まとめ資料の120ページを開いていただきたいんですが、ここにはせん断スパン比11.0が適用性がありますということを確認したという旨の記載がありますが、ここでその科学的根拠としている添付資料2の4.の③、ここにせん断スパン比11.0の適用性を確認したという記載がありませんので、これを含めて適正化をお願いします。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

了解いたしました。

○服部専門職 規制庁の服部です。

私からは以上になります。

○江寄調査官 規制庁の江寄ですが。

今し方のせん断スパン比の話ですけど、一応、そちらとしてはせん断スパンが非常に大

きい状態でも適用性はあると考えているということなのですが、資料をもって提示してもらうのは当然な話ですけれども、今現在、現時点で、どういう考えに基づいてそれは妥当というか、適用性があると考えたのか、説明できれば説明ください。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

パワーポイントの13ページに各サイトとの比較と先ほど御指摘のありました証明書に書いているせん断スパン比のものが書いております。先行サイトにおきましては、海水ポンプ室、美浜、東海第二とも底板のところに今回のポストヘッドバー工法を採用されています。その関係でかなりせん断スパン比が小さな値になっていると考えております。当社の場合は隔壁に使用するというので、スパン比の考え方を含めて別途資料のほうに反映させていただきますけれども、というところで大きいものになっていると。今回、我々といたしましては、後述しておりますフロー③の中でのステップ③という解析、ページでいきますと、20ページから随時説明をさせていただいておりますけれども、その中のステップ③、29ページ以降のところでございますが、まず、ステップ①、ステップ②で、そういった大きいものについても採用できるよというところを確認した後に、島根で使っております隔壁の解析モデルを用いまして、同様に先施工と後施工のものを比較し、影響はないのではないかという資料とさせていただいておりますので、この辺りをもう少し分析をして、せん断スパン比による影響等も記載をさせていただきたいと考えております。

以上です。

○江寄調査官 規制庁の江寄です。

基本的に、実験とほぼ同等の結果が出るとか、シミュレーション解析によって、その効果はある程度確認しているということなのですが、せん断スパン比とPHbの補強効果の関係性と、それに加えてなぜせん断スパン比が長くなっても、基本的に問題なかったのかという部分は、その辺はしっかり考察して、その効果等も踏まえて説明いただきたいと思います。いかがでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

審査証明書の内容、あと、その実験とか解析の内容と我々の解析のものを含めまして、せん断スパン比に特化したところでの考察という御指摘だと思いますので、それは十分記載させていただきたいと考えております。

以上です。

○服部専門職 規制庁の服部です。

先ほどの私の発言の中で、せん断スパン比11.0という発言があったんですが、11.40の言い間違いでしたので、ここで訂正をさせていただきます。パワーポイントページ、13ページを確認ください。表の右下の図のところ、私、11.0という発言をしましたが、ここに記載してあるとおり、11.40の言い間違いでしたので、訂正をさせていただきます。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがですか。

○千明審査官 規制庁の千明です。

私から1点、確認いたします。パワーポイント資料の36ページをお願いします。この一番最後のポツのところ「適切な施工管理を実施してもなお発生しうる施工ばらつきに対する設計上の配慮として、耐震評価上の裕度を持たせた設計を行うこととする」というふうにあります。先ほどの御説明の中では、照査値を8割程度に抑えるというお話がありましたが、照査値を8割程度に抑えるというのは、事業者の自主的な目標値というふうに理解しているんですが、そういうふうな理解でよろしいでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

基本的に、今回、確認させていただきました後施工せん断補強筋につきましては、前のときに説明いたしましたせん断耐力評価式のほうで評価をさせていただくと。これは土木学会マニュアルに基づきまして、それぞれ構造物係数でございますとか、材料係数、そういったものも踏まえて、その中で見ておるんですけれども、今回の後施工せん断補強工法につきましては、パワーポイントにも少し記載をさせていただいておりますけれども、施工実績に基づく十分な統計に基づきまして、ばらつき係数を幾らに設定するといったようなものが審査証明書や公の基準というものに記載がございませんので、我々としては2割程度の裕度を確保するということで設計をしていきたいと考えております。実際のところは31ページに書いておりますけれども、0.51程度にはなっているというところでございます。

以上です。

○千明審査官 規制庁の千明です。

説明のほうは理解しました。

その裕度の妥当性については、詳細設計段階において詳細に確認いたしますので、そのときに説明のほう、お願いいたします。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、いかがですか。

○津金審査官 規制庁、津金です。

ただいまの千明のコメントに関連してなんですけれども、先日、機器のほうで3軸粘性ダンパを採用するというので説明を受けているときに、3軸粘性ダンパの施工性については、2割程度のばらつきがあるという説明がありました。3軸粘性ダンパについては国内で初めて用いられるということで、施工管理についても少しばらつきに余裕を持っていると思われるんですけれども、後施工せん断補強については、35ページにもあるように、十分な実績があるとしているにもかかわらず、初めて用いる3軸粘性ダンパと同じ程度の施工管理というふうに思ってしまうんですけれども、その点、どのように考えているか説明してください。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

今回用いております後施工せん断補強工につきましては、適用審査証明書につきましては、適切な施工管理をしていれば、ばらつきはないというふうな記載がございます。ですが、我々といたしましては、特に重要な構造物でございますので、その施工実績に伴うばらつきはまだ整理をされていないというふうにも考えまして、自主的に裕度として2割程度を見ているというところがございます。実際のところの施工の管理のところでは、そこは十分確認をしていきたいと考えております。

以上です。

○津金審査官 規制庁、津金です。

ただいまの御説明はわかりましたので、今後、詳細設計でその点、どのように考えているのかと、8割程度としているものについても、もう少し精度が上がるかもしれないという理解で理解しましたので、詳細設計で説明をお願いします。

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、議論になった件ですが、施工も含めた審査証明書の方法を用いて施工する場合については、削孔の角度とか削孔の位置に関して、ある程度の精度が確保されるような方法も含めて審査をされた結果ですので、それを適用した結果として、実際どういうふうな施工状況だったのかということは、もう工事記録はあると思いますので、それについては詳細設計の段階で整理をして、それとあわせて自主的な配慮を加えるということは、その方針

としてはいいんですが、それがマストになるのかどうかということについては施工記録とあわせて説明していただければと思います。いかがでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

おっしゃられるとおり、削孔角度でございますとか、定着長といったようなところが今回の施工のばらつきの項目になると思いますので、詳細設計段階におきましては、その実績も含めまして御説明をさせていただきたいと考えております。

以上です。

○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。

本日、御説明いただきました耐震設計について、後日、説明していただかないといけない項目もあったかと思えます。指摘事項に対応いただいて、詳細御検討お願いいたします。

また、まとめ資料を充実していただかないといけないところもあったかと思えますし、その点も御検討いただければと思います。よろしく申し上げます。

○中国電力（北野） 中国電力の北野でございます。

冒頭説明したとおり、先行炉の実績について資料提出時期によっては反映し切れない部分もございますので、その点も踏まえまして、きちんと反映した資料で、また御提出いたします。よろしく申し上げます。

以上です。

○山中委員 そのほか、確認しておきたい点はございますか。よろしいですか。

それでは、以上で議題1を終了します。

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、11月19日火曜日にプラント関係（非公開）の会合を予定しております。

第797回審査会合を閉会いたします。