

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第786回

令和元年10月24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786回 議事録

1. 日時

令和元年10月24日(木) 13:30～15:05

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
田口 達也 安全規制管理官(実用炉審査担当)
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
岸野 敬行 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
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）
柏木 俊弥	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）
水野 浩尚	電源事業本部	担当	（耐震設計土木）
西村 謙吾	電源事業本部	担当	（耐震設計土木）

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）
[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 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）
[屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定]
- 資料 1 - 3 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 - 4 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 786 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。

本日は第4条、地震による損傷防止のうち、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屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定につきまして、二つに分けて御説明し、都度、御質問等をお受けしたいと考えておりますので、よろしくお願ひします。

それでは基礎スラブ関係につきまして、電源事業本部副長の落合より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。よろしくお願ひします。

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、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ページをお願ひします。上段の黒枠内に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、今回工認の基礎スラブの応力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、原子炉建物及びタービン建物の基礎スラブの鉄筋コンクリート部材の応力解析においては、3次元FEMモデルを用いた弾性解析による評価を実施しておりました。また、制御室建物の基礎スラブについては、公式等による評価を実施しておりました。

今回工認では、原子炉建物の基礎スラブ等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いては、工認実績はございませんが、柏崎6、7号炉の鉄筋コンクリート製原子炉格納容器並びに女川2号炉の原子炉建屋基礎版の設置変更許可段階の審査において採用している手法と同様の手法を用いることとしております。

3ページをお願ひします。本資料では原子炉建物の基礎スラブを代表といたしまして、既工認モデルと今回工認で採用予定のモデルの差異を整理し、論点を抽出した上で、その適用性・妥当性を検討いたしております。

なお、タービン建物と制御室建物の基礎スラブの解析モデルにつきましては、詳細設計段階でお示ししたいと考えておりますが、基本的な方針といたしまして、原子炉建物と同様に、応力解析に弾塑性解析を適用する方針であり、タービン建物と制御室建物への適用性、妥当性についても同様と考えております。

それでは、内容の説明に入りまして、まず、1.で原子炉建物基礎スラブの概要を示しております。

4ページをお願いします。下の表に原子炉建物の基礎スラブの既工認時と今回工認時の応力解析モデル、手法の比較を示しており、既工認と今回工認における解析モデルには、応力解析に弾塑性解析を採用すること及びコンクリートの物性値の2点に差異がございますが、コンクリートの物性値につきましては適用基準の見直しによるものであり、先行審査でも認可実績があることから、本資料における論点としては取り扱わないこととしております。

応力解析に弾塑性解析を採用することにつきましては、次ページ以降で御説明いたします。

5ページをお願いします。5ページでは弾塑性解析を採用する目的と論点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 による入力が増大に伴い、原子炉建物等の鉄筋コンクリート構造全体としての挙動が塑性領域に入ると考えられることから、入力レベルに応じた構造物の挙動を適切に評価することを目的といたしまして、弾塑性解析を採用いたします。

原子炉建物の基礎スラブ等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。また、弾塑性挙動を適切に評価するに当たっては、塑性領域を含めた鉄筋及びコンクリートの材料構成則を適切に設定し解析を実施する必要があると考えております。

今回工認で採用予定の材料構成則を下の図に示しておりまして、左側のコンクリートの圧縮側はCEB-FIPモデル、引張側はRC基準と、岡村・出雲モデルにより設定し、次に右側の鉄筋につきましては、完全弾塑性型を設定しております。

この材料構成則については、弾塑性挙動へ与える影響が大きいため、その設定の妥当性・適用性については十分に確認する必要があると判断し、材料構成則の設定の妥当性を論点として位置づけ、その適用性・妥当性を検討いたします。

また、応力解析においてシェル要素を用いた弾塑性解析を採用することについても、その適用性・妥当性を検討いたします。

6ページをお願いします。6ページと7ページでは、材料構成則の適用性・妥当性について整理しております。

まず(1)のコンクリートの引張側について御説明いたします。

コンクリートの引張側の材料構成則のうち、引張強度についてはRC規準に基づき設計しており、RC規準は既工認でも適用実績のある規格規準となっております。また、コンクリートの引張側のひび割れ点以降のコンクリートの構成則は岡村・出雲モデルを採用する方針としております。

ページ中央の図にも記載しておりますが、岡村・出雲モデルは、当初の提案時より複数の実験結果を用いて妥当性が十分に検証されており、今回使用する解析プログラムでありますABAQUSを用いた検討例でも、鉄筋コンクリート部材の各種実験結果との対応が良好とされていることから、岡村・出雲モデルを採用することは妥当であると考えております。

7ページをお願いします。次に(2)といたしまして、コンクリートの圧縮側について御説明いたします。

コンクリートの圧縮応力度とひずみの関係は、CCV規格を参考にした上で、パラボラ型の応力ひずみ曲線を想定するに当たって、標準的なCEB-FIP Model Codeに基づき設定する方針としております。

CCV規格においても、パラボラ型の応力ひずみ曲線を仮定していることから、コンクリートの圧縮側の弾塑性特性をCEB-FIP Model Codeに基づき設定することは妥当であると考えております。

次に、(3)の鉄筋につきましては、鉄筋の非線形特性についてはCCV規格と同様に、完全弾塑性型として設定する方針としております。

次に、8ページをお願いします。8ページ～9ページでは、基礎スラブの弾塑性解析にシェル要素を用いることの適用性・妥当性について御説明いたします。

まず、(1)では、基礎スラブの応力解析における適用要素の、規基準類上の扱いを整理しております。JEAG4601-1987や、原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説において、基礎スラブをシェル要素でモデル化することや、そのモデルの例が示されております。

9ページをお願いします。次に(2)では、既往の解析的検討から適用性・妥当性の確認を行っております。

既往の文献におきまして、基礎スラブをシェル要素でモデル化した場合とソリッド要素でモデル化した場合の、弾性解析と弾塑性解析を実施し、曲げモーメント及びせん断力の応力性状について比較検討することにより、合理的な応力評価法について検討がなされて

おります。

これによりますと、シェル要素とソリッド要素を用いた検討では、同程度の平均化応力の範囲を示していることが確認されていることから、原子炉建物の基礎スラブの応力解析において、シェル要素を用いた弾塑性解析による手法を採用することは妥当であると考えております。

また、9ページの三つ目のポツになりますけども、シェル要素を用いた応力解析の検証の観点から、面外せん断力が大きい場合には詳細設計段階において代表ケースを選定いたしまして、ソリッド要素で基礎スラブをモデル化した解析を行い、モデル化手法による比較を行うように考えております。

10ページをお願いします。10ページに弾塑性解析の適用に関するまとめを記載しております。

原子炉建物の基礎スラブ等の応力解析で採用予定の解析モデルにつきまして、既工認との手法の差異を整理いたしました。論点としまして、弾塑性挙動に与える影響が大きい材料構成則を抽出し、今回工認で採用する材料構成則につきまして、適用文献の内容を整理し、その適用性・妥当性を確認いたしました。また、応力解析においてもシェル要素を用いた弾塑性解析を採用することにつきまして、既往研究に基づき適用性・妥当性を確認いたしました。

以上より、今回採用予定の応力解析モデルの妥当性を確認できたと考えております。

次、11ページをお願いします。ここからは補足説明となりますが、補足1といたしまして、タービン建物と制御室建物につきましては、基礎スラブから立ち上がる耐震壁をシェル要素でモデル化する方針であることから、タービン建物の代表といたしまして、その概要を記載しております。

タービン建物の既工認では、基礎スラブから立ち上がる壁は梁要素として評価していましたが、今回工認では下の概念図のとおり低層部をシェル要素でモデル化し、その上部を梁要素としてモデル化する方針としております。ページの中段にも記載している部分になりますが、このシェル要素でモデル化した耐震壁に発生する応力につきましては、詳細設計段階でその影響について確認する方針としております。

なお、このタービン建物と制御室建物について耐震壁のシェル要素でモデル化することにつきましては、先行の女川2号炉の原子炉建屋基礎版においても採用されている手法と同様となっております。

12ページをお願いします。12ページでは補足の2といたしまして、弾塑性解析を適用している先行プラントとの比較を整理して、記載しております。

以上で、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の説明となります。

○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 規制庁の羽場崎です。

島根2号炉の原子炉建屋の場合、今説明がありましたパワーポイントの3ページの左側に断面図があります。特にドライウエル外側壁、鋼製格納容器の外側で円筒状の形でそういう壁があるんですけども、この円筒壁の脚部と基礎スラブの接合部のところ、ここはかなり厚いコンクリートで、なおかつ、高さも高い構造物になっているということで、非常に高い剛性が想定されるということです。すなわち基礎スラブに対する影響も大きいんじゃないかということが考えられます。

このドライウエル外側壁よりも、中心に関しての荷重の伝達メカニズムに関しては、まとめ資料、95ページのほうに書かれているんですけども、そのドライウエル外側壁よりも内側の基礎マットの基礎スラブの境界条件、モデル化の考え方について説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

先ほどのパワーポイントの資料1-1の4ページになりますけども、少し小さいですけども、今回の工認での基礎スラブの解析モデルにつきましては、左下に書いているような基礎版から立ち上がっている耐震壁につきましては、この青い太い線で書いておりますような耐震壁をビーム要素でモデル化したように考えております。

なお、先ほどおっしゃったシェルの中に、このシェル壁の中でコンクリートがありますけども、これらにつきましては既工認に倣って、そこの剛性については考慮していないということと、あと耐震側のほうで評価している耐震壁の剛性ともあわせる形で、そこの剛性については考慮はしないということで、荷重については考慮をして応力解析を実施するような方針で考えております。

以上です。

○羽場崎審査官 規制庁の羽場崎です。

かなり剛性としては大きいと考えられるんですけど、現状のモデルとしては剛性は無視しているというような考え方だと思います。

この基礎スラブと立ち上がりの壁の、非常に厚いところのモデル化なんですけれども、

これに関しましては同じ説明の8ページの右側にPWR型の基礎スラブのモデル図がございます。PWR型もかなりアウターシールドと基礎スラブの接合部というのは非常に厚い状態になっていて、島根の場合にかなり近いというふうに考えられます。PWR型の場合は、先行の実績としては8ページにあるようなソリッドでモデル化をしているというのが多いというふうに考えています。

今回、島根2号炉としてはあくまでもドライウエル外側壁は梁要素でモデル化をして、なおかつコンクリートのマッシュと申しますか、塊と申しますか、そのコンクリートに対しては、剛性としては見込まないということなんですけれども、9ページのほうに先ほども御説明ありました文章の一番最後のところなんですけれども、今回シェルで基礎スラブをモデル化しているんですが、面外せん断力が大きい場合には代表ケースを選定してソリッド要素でモデル化を行って、比較を行うというふうに書いてありますけれども、詳細設計段階でソリッド要素でこの部分をモデル化して、その差異を見るという理解でいいのでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

先ほどの9ページの面外せん断力が大きい場合には、ソリッド要素でのモデルでの検討も行いたいと思っておりますので、そのときにこの中のコンクリートのところの影響も踏まえて、モデル化を考えて詳細設計段階でお示ししたいと考えております。

以上です。

○羽場崎審査官 規制庁の羽場崎です。

では、詳細設計段階で説明をしてください。

以上です。

○山中委員 そのほか、ございますか。

○服部専門職 規制庁の服部です。

12ページを開いてください。この表のモデル化の要素タイプのところ、島根2号炉のところなんですけど、ここの二つ目のポツのところ、「基礎スラブから立ち上がっている耐震壁は、その剛性を評価してモデル化する。」とあります。基礎スラブが地震力により塑性化するのであれば、立ち上がっている耐震壁も塑性化する可能性があります。耐震壁が塑性化する場合は、塑性化した剛性を評価してモデル化する方針でしょうか。事業者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。

基礎スラブの梁要素につきましては、基本的には既工認に倣って剛性については低下させない形で、剛性を考慮したい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。

それでは、耐震壁が塑性化した場合の基礎スラブの保守性については、どのように考えているか説明してください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

基本的には壁の剛性については、応答解析のほうで非線形解析をやりますけども、そちらのほうでの剛性低下というのは第1折点から第2折点以内ぐらいだと思っておりますので、それほど剛性低下は大きくない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。

今の説明だと、耐震壁を弾性にしても基礎スラブへの影響はほとんどないというふうな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。

すみません。少し補足させていただきますと、現状のこの梁要素のモデル化につきましては、実際の実情の拘束効果に比べまして、保守性を持たせた形で梁要素を設定しておりますので、その辺に含まれて基礎スラブの評価といたしましては、保守性がある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。

そうしますと、基本的には弾性でやって、塑性化した剛性では評価しないということなんでしょうけども、それで本当に保守性が担保できるかどうかというのは、詳細設計において耐震壁が塑性化するか、しないか、これはまだわかりませんので、そのときの実際の現象を含めて、詳細設計で塑性化した場合の保守性について、きちんと説明していただきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

先ほど言われたとおり、応答解析結果も見て、その辺の非線形化したことによる影響については詳細設計段階で確認して御説明し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。

では、よろしく申し上げます。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがですか。

○羽場崎審査官 規制庁の羽場崎です。

今基礎スラブから立ち上がりの壁について説明があった点ですけれども、パワーポイントの11ページ、これはタービン建物の例なんですけれども、文章のところに、一番上のぼちのついた文章の最後のところで、「シェル要素でモデル化した耐震壁に発生する応力については、念のため詳細設計段階でその影響について確認する。」基礎スラブからの反力の壁への影響を確認するという趣旨で受け取りましたが、一方、原子炉建物のほうは、今回、梁要素でモデル化をするということで、パワーポイントの3ページ、4ページのほうに戻っていただいて、4ページに小さいですけども梁要素のレイアウトもあります。この中で内部ボックス壁に相当する壁、ここというのは2次格納施設のバウンダリになるということもあるので、ここは梁要素なんですけれども、同様に壁に対する基礎スラブからの反力の影響を評価す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。

原子炉建物につきましても、梁要素でモデル化しておりますが、そこで発生する応力につきましても、壁への影響という形で詳細設計段階で検討をしてまいりたいと考えております。

以上です。

○羽場崎審査官 規制庁の羽場崎です。

では、そのときにまた説明してください。

以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○千明審査官 規制庁の千明です。

私からは既往研究に基づく弾塑性の適用性について、3点確認いたします。パワーポイント9ページ、お願いします。

既往研究では、原子炉建屋、基礎スラブを対象として合理的な応力評価方法が検討されています。具体的には曲げモーメントに関しては厚さ5.5m程度の積層シェル要素を用いた試解析による分析、面外せん断力に関しては厚さ8m程度のソリッド要素を用いた試解析に

よる分析がなされ、その結果合理的な応力評価方法の一案がまとめられているというふうに認識しております。

そこで、一つ目の確認ですが、今回工認で弾塑性解析を採用する予定の建物として、原子炉建物のほかに基礎スラブの厚さが薄いタービン建物、制御室建物があります。これら基礎スラブの厚さが薄い建物、薄肉の要素に対して既往研究で厚肉の要素による知見を適用できるというふうに判断した理由について御説明をお願いします。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

既往研究につきましては、ある程度、原子炉建物を想定した形で、シェル要素の適用性が検討されておりますが、原子炉建物は島根の場合ですと6mの基礎スラブの厚さがあって、タービンと制御室建物につきましてはそれよりももうちょっと薄くて、1.5mとか2mとか、そのぐらいのオーダーになりますけども、原子炉建物6mでシェル要素が板要素として適用できるということは、タービンや制御室建物の厚さに対しても適用できると、そう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。

薄い部材についてシェル要素を適用することについては、技術的には問題ないというふうに理解をいたしました。

続いて2点目の確認ですが、今回工認で実施する弾塑性解析の結果、発生応力が大きい場合は曲げモーメントや面外せん断力について、応力平均化を適用する方針なのでしょうか。

平均化する応力については、弾塑性解析の結果を用いるのか、あるいは別途、弾性解析を行って弾性解析の結果を用いるのか、どのような方針を考えているかお答えください。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

実際の応力の平均化につきましては、詳細設計段階で計算結果も踏まえてということになろうかと思っておりますけども、基本的には主に面外せん断力のほうだと思いますけども、そちらにつきましては、実際面外せん断に関しましては弾塑性を考慮せず弾性という形でやっておりますので、それについてはあくまで全体としては弾塑性解析の結果を使って、面外せん断力については平均化するような形になるのかな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。

方針については理解いたしました。

応力平均化の詳細については、基礎スラブが厚い場合と薄い場合と含めて、詳細設計段階で確認したいと思いますので、お願いいたします。

3点目の確認ですが、パワーポイントの9ページの、先ほどからはまた書きの文章なんです、そこで今回工認で実施する弾塑性解析の結果、面外せん断力が大きい場合には詳細設計段階において代表ケースを選定して、ソリッド要素による解析を行うというふうにあります。

ここで言う代表ケースというのは、具体的にはどのようなものを想定しているか、お尋ねなんです、今回対象とする三つの建物として、原子炉建物、タービン建物、制御室建物、それぞれにおいて代表ケースを選定するという方針なのでしょうか。その辺りお答えいただけますか。

○中国電力（落合） 中国電力の落合です。

ここで言う代表ケースの選定につきましても、先ほど言った弾塑性解析を適用する原子炉建物とタービン建物、制御室建物の結果を見てからということになりますけども、基本的には一番マット厚の厚い原子炉建物を対象に、面外せん断力が大きいケースを選定いたしまして、その辺でソリッドモデルでの確認・検証というか、シェルモデルでの検証という観点で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。

○千明審査官 規制庁の千明です。

詳細については詳細設計段階で弾塑性解析の結果を確認した上でということになるかと思いますが、詳細についてはそのときに詳細設計段階において確認したいと思います。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、何かございますか。

○羽場崎審査官 規制庁の羽場崎です。

本日、先ほどパワーポイントでは御説明なかったんですけども、まとめ資料の104ページです。「基礎スラブの耐震重要度分類の考え方」というタイトルの資料のところに、ここでの要旨は、島根の2号炉の場合は、基礎スラブはSクラス設備ではなくて、Sクラス設備の間接支持構造物であるために、要はSd地震力に対する評価はしませんというのが趣旨だと思います。

ただ一方、島根2号炉の建設当時の工認の記録を見ますと、基礎スラブというのは当然

S1での弾性設計をやっているわけですし、特に高圧・低圧の炉心スプレイ系とか、残留熱除去系のポンプのピットがございまして、そこに関しては地震力と温度荷重を考慮した形の設計がされております。

そういった点を踏まえますと、Sdに対する扱いというものについては、新旧の重要度分類とか荷重組み合わせも踏まえて検討すべきかなというふうに思っていて、ただ、ここの審議の場というのは、あくまでも弾塑性解析の場ですので、この許可の段階で耐震設計の基本方針の場等で審議すべきだというふうに考えるのですが、事業者の見解としてはどうでしょうか。

○中国電力（阿比留） 中国電力の阿比留でございます。

今の御指摘ですけれども、基本的には我々としてはSs機能維持で、今回の新指針に対しては十分だと思っておりますので、Sdに関しては、当時S1はやっておりましたけれども、今のところ、今回の御説明の中でも今回Sdについては検討しないという基本方針ではございませぬけれども、また耐震設計の考え方のところ、ちょっと議論させていただければと思いません。

以上です。

○羽場崎審査官 規制庁の羽場崎です。

では、別の場になりますけれども、お願いします。

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。

幾つか今日議論になったんですが、その中で地震を経験している状態、Ssか、もしくはそれ以前にSsを経験する可能性もあるんですが、そういった場合の剛性低下を拘束条件として入力している壁の梁要素、これに対して考慮するか否かということについては、先ほど回答を聞いていると、Ssで応答解析をしたときの剛性低下、どれぐらい剛性低下するかというのをある程度検討した上で、それを反映するか否かというところは、少し検討するという話をされていたので、そこはモデル化しているオペフロまでの壁、全体を見た上でどれぐらいの剛性低下があり得るのか、それに対して剛性を低下させたほうが基礎版にとっては安全側の評価、応力の大きめの評価をするという意味で安全側の評価になるんですが、そういったところを少しパラメータスタディとして影響度合いとか、そういったものを把握して、実際の設計ケースの中に落とし込むか否かということについて検討していた

だきたいと思います。

これについては、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。

今の御指摘に関しまして、まず動解をして、結果を見て、どれぐらい影響をするかということは、もちろん見ると先ほど申し上げましたけども、そこら辺の結果に基づいて、今名倉さんがおっしゃられたようなことをパラスタをして、検討したいというふうに思います。

以上です。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

では、そちらのほうは検討をしてください。

それからあと、これまでのBWRのサイトでは、原子炉建屋を中心にして、基礎スラブが比較的ほかの建屋に比べて厚いものに対して弾塑性解析を適用するというふうなことで、許可段階の審査で、その設計方針と聞いております。それで今回は、タービン建屋と制御建物のほうで、基礎版厚が原子炉建屋に対して2分の1以下、そういったものに対して採用すると。

厚さだけに着目するとそのような比率になるんですが、実際、壁の配置を見ると、拘束条件として作用する壁の位置が、やはりタービン建屋のように一部の領域に、多分廃棄物処理系が関係しているところかもしれないんですが、壁が結構入っているところがあると。そういった局所的な壁が分布しているような状態でもありますので、実際の薄肉、基礎版が比較的薄いという状況で適用した場合で、かつ拘束条件が不均一ということも考慮した上で、どのような結果が出るかというところで、何か特異な性状が出るかどうか、そういったところをよく見てもらった上で、薄肉に対しての適用性というものを、これは工認段階で計算結果を見せながらということになるんですが、その説明を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（阿比留） 中国電力の阿比留でございます。

今の件、コントロールビルとタービンビルですけども、コンビルとタービンに関しましては梁要素じゃなくて壁を立ち上げるということで、ある程度、詳細な設定はしておりますけども、今おっしゃられたような局所的な話になると、結果を見てからということになるかと思いますが、そこら辺は今の御指摘に従ってしっかり見て検討したいと。適用性についても検討したいというふうに考えております。

以上です。

○名倉調査官 規制庁の名倉です。

基礎版が薄くて拘束する壁のシェル要素が複数入っていて、その壁というか、厚さの比率はほぼ等しいぐらいのものもありますので、そうすると基礎版が本来ある程度負担すべき荷重を周辺に分散をする、もしくは壁が集中しているところは集中的にそこに荷重が入って作用する。

そうすると、壁の縁辺部というか、そういったところに荷重が集中してしまうとか、いろんな性状が出るとお思いますので、じゃあその壁をどういうふうに保守的にモデル化するのか、何かパラメータスタディが必要かどうかとか、そういったところはよく検討していただきたいとお思います。

○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、いかがでしょうか。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（中野） 中国電力の中野と申します。

資料1-2を用いて、島根原子力発電所2号炉地震による損傷の防止、屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定について御説明します。

2ページをお願いします。ここでは耐震設計の論点と、論点に係る説明概要として、屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定の方針を示しています。

島根原子力発電所の屋外重要土木構造物等は、箱型構造物、線状構造物、円筒状構造物、直接基礎及び管路構造物の五つの構造形式に分類され、構造上の特徴として、明確な強軸及び弱軸を有するものと、強軸及び弱軸が明確でないものが存在します。各構造形式の断面的な特徴から、耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況等を考慮して、耐震評価上、最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面として選定します。

設置変更許可段階においては、耐震設計における断面選定の方針及び耐震評価候補断面の整理方法について説明し、詳細な整理結果及び評価対象断面の選定結果は工認段階で示します。

5ページをお願いします。評価対象構造物の概要として、評価対象構造物及び構造形式を表に示しています。12の評価対象構造物を五つの構造形式に分類しています。

続いて、6ページ～8ページに、評価対象構造物に設置される設備の一覧表を示していま

す。左側3列は評価対象構造物の名称と施設区分を。右側5列は評価対象構造物に設置される設備の名称と設備区分を示しています。設備区分は耐震4条で抽出される設備、耐津波、5条で抽出される設備、常設重大事故等対処設備、波及的影響で抽出される主な設備を示しています。

9ページをお願いします。前述の表で示した12の評価対象構造物の配置図を示しています。

10ページをお願いします。ここでは箱型構造物及び線状構造物の断面選定の方針を示しています。評価対象構造物は鉄筋コンクリート造で構成されており、主に海水の通水機能や配管等の間接支持機能を維持するため、通水方向や間接支持する配管の管軸方向に対して空間を保持できるように、構造部材が配置されています。通水方向や配管の管軸方向と直交する方向には構造部材の配置が少ないことから、構造上の特徴として、明確に通水方向や配管の管軸方向が強軸に、通水方向や配管の管軸方向と直交する方向が弱軸となります。

なお、通水以外の要求機能が求められる箱型構造物は、加振方向と直交する方向の、構造物の長さに対する加振方向に平行に配置される壁の厚さの割合が小さいほうが弱軸となり、大きいほうが強軸となります。また、強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼしません。

以上の理由により、箱型構造物及び線状構造物の評価対象断面は、構造の安全性に支配的な弱軸方向から耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況等を考慮して、耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定します。

11ページをお願いします。ここでは円筒状構造物及び直接基礎の断面選定の方針を示しています。評価対象構造物は鋼製及び鉄筋コンクリート造の構造物であり、円筒状及び正方形であるため、箱型構造物や線状構造物と比較して、強軸及び弱軸が明確ではありません。

評価対象断面の選定においては、構造物中央を通る断面から、耐震評価を行う上で構造的特徴、周辺状況等を考慮して、耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定します。

12ページをお願いします。ここでは管路構造物の断面選定方針を示しています。評価対象構造物は海水の通水機能を維持するため、通水方向に対して空間を保持できるように、構造部材が配置されていることから、構造上の特徴として明確な弱軸、強軸を有します。

また、評価対象構造物は、鋼製部材で構成されており、管軸方向が強軸方向となり、管軸直交方向が弱軸方向となります。ただし、一般的な地中埋設管路の設計では、管軸方向を弱軸として設計を行うため、管軸方向断面についても検討します。以上の理由により、管路構造物の評価対象断面は、構造の安全性に支配的な弱軸方向から耐震評価を行う上で、構造的特徴、周辺状況等を考慮して、耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定します。

13ページをお願いします。ここでは評価対象断面の選定方法について示しています。

評価対象断面は、まず耐震評価候補断面を①～⑤で示した五つの観点で整理し、その中から評価対象構造物及びそれに設置される設備の耐震評価上、厳しいと考えられる断面を選定します。なお、地下水位は解析等による地下水位に係る検討結果を踏まえて工認段階で設定します。構造物設置範囲の条件に差異がない場合は、構造物中央を評価対象断面とします。

14ページからは、構造物ごとの耐震評価候補断面を整理したものとなります。

15ページをお願いします。箱型構造物である取水槽に設置される浸水防止設備や付帯設備の配置を示しています。

16ページをお願いします。取水槽の平面図及び縦断図を示しています。取水槽はポンプ室とスクリーン室に大別される鉄筋コンクリート造の半地下構造物です。取水槽は通水方向と平行に配置される壁部材が多いので、通水方向が強軸となります。右下の平面図に通水方向と平行に配置される壁部材を赤色で示しています。取水槽の南側にはタービン建物が、北側には取水管が隣接しています。

17ページをお願いします。取水槽の平面図及び断面図を示しています。ポンプ室断面はE.L.+1.1mより上部のポンプ室と下部の3連ボックスカルバート形状の水路から構成されています。ポンプ室断面である②-②断面は、ストレーナエリア断面である①-①断面より側壁に作用する土圧荷重が大きく、また、海水ポンプが上載される断面となります。

18ページをお願いします。取水槽の他の断面を示しています。スクリーン室断面はE.L.+4.0mより上部の除じん機室と下部の6連のボックスカルバート形状の水路から構成されています。スクリーン室断面である③-③断面は、周囲を岩盤に概ね囲まれている④-④断面より水路の側壁に作用する土圧荷重が大きく、また除じん機エリア防水壁が上載される断面です。

19ページをお願いします。取水槽の平面図及び地質断面図を示しています。取水槽は主

にCM級岩盤に直接支持されており、周辺地質は埋戻土（掘削ズリ）及びマンメイドロックが分布しています。

20ページをお願いします。取水槽について観点ごとに整理した表を示しています。①では間接支持する設備を整理し、②では構造的特徴を整理します。

21ページをお願いします。③では周辺状況として周辺地質、地下水位、隣接構造物について整理します。④では島根サイトでは東西方向の地層がほぼ水平成層を示し、南北方向は北側へ傾斜していることを踏まえて、地震力の特性について整理します。⑤では間接支持する機器、配管系の構造物への設置状況を踏まえて整理します。五つの観点による耐震評価候補断面の整理及び評価対象断面の選定については、工認段階でお示しします。

22ページをお願いします。線状構造物である屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の平面図及び縦断図を示しています。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の底版の一部が屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）の頂版の一部と一体化しています。

間接支持する配管の管軸方向と平行に配置される壁部材が多いので、間接支持する配管の管軸方向が強軸方向となります。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の南側にタービン建物、西側に排気筒が隣接しています。

23ページをお願いします。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の平面図及び断面図を示しています。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）は、複数の断面形状を示していますが、基本的には2連のボックスカルバート形状のダクトから構成される、鉄筋コンクリート造の地中構造物です。①-①断面では、屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）を含めた評価を実施します。

24ページをお願いします。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の他の断面図を示しています。

25ページをお願いします。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）の②-②断面の地質断面図を示しています。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）はマンメイドロックを介して、主にCH級岩盤に支持されており、周辺地質は埋戻土（掘削ズリ）が分布しています。

26ページをお願いします。屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）について、観点ごとに整理した表を示しています。

27ページをお願いします。円筒状構造物である取水口の平面図及び断面図を示しています。取水口は通水機能が要求されています。取水口は2基あり、両者の設置高さに違いは

ありません。取水口は、基部をアンカーコンクリートで巻き立てられた、鋼製の構造物です。

28ページをお願いします。取水口の他の断面図を示しています。

29ページをお願いします。取水口の②-②断面の地質断面図を示しています。取水口は主にCM級岩盤に直接支持されており、周辺地質は海底堆積物・風化岩が分布しています。

30ページをお願いします。取水口について観点ごとに整理した表を示しています。

31ページをお願いします。直接基礎であるガスタービン発電機用軽油タンク基礎の平面図及び縦断図を示しています。ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、ガスタービン発電機用軽油タンクを間接支持する鉄筋コンクリート造の直接基礎です。ガスタービン発電機用軽油タンクの東側に屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク基礎～ガスタービン発電機）が隣接しています。

32ページをお願いします。ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の①-①断面の地質断面図を示しています。ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、マンメイドロックを介して主にCM級岩盤に支持されており、周辺地質は埋戻土（掘削ズリ）及び岩盤が分布しています。

33ページをお願いします。ガスタービン発電機用軽油基礎タンクについて、観点ごとに整理した表を示しています。

34ページをお願いします。管路構造物である取水管の平面図及び縦断図を示しています。取水管は取水口と取水槽を結ぶ鋼製の構造物です。取水管の南側に取水槽及び防波壁、北側に取水口が隣接しています。先行サイト（玄海3、4号機）の類似構造物との比較を表に示しています。基本的には同じような関係や支持地盤ですが、島根2号炉では取水管周囲をコンクリートで巻き立てている箇所があります。

35ページをお願いします。取水管の平面図及び断面図を示しています。取水管は通水機能が要求され、通水方向に対して一様の断面形状を示す鋼製の構造物です。取水管の縦断方向（通水方向）は、通水方向に対して空間を保持できるように構造部材が配置されていることから強軸となり、横断方向（通水方向）に対する直交方向が弱軸となります。一般的な地中埋設管路の設計では、管軸方向を弱軸として設計されるため、管軸方向断面についても検討します。下の図で示す①-①断面は、取水管周囲の埋戻し材が碎石なので、コンクリートで巻き立てられている②-②断面より取水管に作用する土圧荷重が大きくなります。

36ページをお願いします。取水管の①-①断面の平面図及び地質断面図を示しています。取水管は岩盤掘削した中に砕石またはコンクリートを介して、主にCM級岩盤に支持される構造物であり、周辺地質は砕石、海底堆積物・風化岩及び岩盤が分布しています。

37ページをお願いします。取水管について観点ごとに整理した表を示しています。

38ページからは別添資料として、今までに説明した構造物以外の箱型構造物と線状構造物について整理しました。

39ページをお願いします。箱型構造物であるディーゼル燃料貯蔵タンク基礎の平面図及び縦断図を示しています。長辺方向（南北方向）に加振した場合は、加振方向と直交する方向の構造物の長さに対する加振方向と平行に配置される壁の厚さの割合が大きくなるので、長辺方向が強軸となります。右下の平面図に長辺方向を加振方向とした場合の加振方向と平行に配置される壁部材を赤色で示しています。ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎の北側に燃料移送系配管ダクトが隣接しています。

40ページをお願いします。ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎の平面図及び断面図を示しています。ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎は、鉄筋コンクリート造の地中構造物です。下の図で示す②-②断面は地中に埋設されており、①-①断面より側壁に作用する土圧荷重が大きく、ディーゼル燃料貯蔵タンクが上載されている断面です。

41ページをお願いします。ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎の平面図及び地質断面図を示しています。ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎は、主にCM級岩盤に直接支持されており、周辺地質は埋戻土（掘削ズリ）及びマンメイドロックが分布しています。

42ページをお願いします。ディーゼル燃料貯蔵タンク基礎について、観点ごとに整理した表を示しています。

43ページをお願いします。箱型構造物である低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図及び縦断図を示しています。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、長辺方向（東西方向）に加振した場合は、加振方向と直交する方向の構造物の長さに対する加振方向と平行に配置される壁の厚さの割合が大きくなるので、長辺方向が強軸となります。右下の平面図に長辺方向を加振方向とした場合の、加振方向と平行に配置される壁部材を赤色で示しています。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の西側には、第1ベントフィルタ格納槽が隣接しています。

44ページをお願いします。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図及び断面図を示し

ています。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、水槽とポンプ格納槽に大別される鉄筋コンクリート造の地中構造物です。

下の図で示す②-②断面（水槽）は、中床版がなく、①-①断面（ポンプ格納槽）より内空高さが高い断面となります。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の北側に、原子炉建物が隣接しています。

45ページをお願いします。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図及び地質断面図を示しています。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、主にCM級岩盤に直接支持されており、周辺地質は埋戻土（掘削ズリ）及びマンメイドロックが分布しています。

46ページをお願いします。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽について観点ごとに整理した表を示しています。

47ページをお願いします。箱型構造物である第1ベントフィルタ格納槽の平面図及び縦断図を示しています。第1ベントフィルタ格納槽は、長辺方向（東西方向）に加振した場合、加振方向と直交する方向の構造物の長さに対する加振方向に平行に配置される壁の厚さの割合が大きくなるので、長辺方向が強軸となります。右下の平面図に長辺方向を加振方向とした場合の加振方向と平行に配置される壁部材を赤色で示しています。第1ベントフィルタ格納槽の西側に補助消火水槽、東側に低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽が隣接しています。

48ページをお願いします。第1ベントフィルタ格納槽の平面図及び断面図を示しています。第1ベントフィルタ格納槽は鉄筋コンクリート造の地中構造物です。下の図で示す①-①断面は、②-②断面より内空高さが高い断面です。第1ベントフィルタ格納槽の北側に原子炉建物が隣接しています。

49ページをお願いします。第1ベントフィルタ格納槽の平面図及び地質断面図を示しています。第1ベントフィルタ格納槽はマンメイドロックを介して主にCM級岩盤に支持されており、周辺地質は埋戻土（掘削ズリ）となっています。

50ページをお願いします。第1ベントフィルタ格納槽について、観点ごとに整理した表を示しています。

51ページをお願いします。箱型構造物である緊急時対策所用燃料地下タンクの平面図及び縦断図を示しています。

緊急時対策所用燃料地下タンクは長辺方向（東西方向）に加振した場合、加振方向と直交する方向の構造物の長さに対する加振方向と平行に配置される壁の厚さの割合が大き

なるので、長辺方向が強軸となります。右下の平面図に長辺方向を加振方向とした場合の加振方向と平行に配置される壁部材を赤色で示しています。

52ページをお願いします。緊急時対策所用燃料地下タンクの平面図及び断面図を示しています。緊急時対策所用燃料地下タンクは、鉄筋コンクリート造の地中構造物です。

53ページをお願いします。緊急時対策所用燃料地下タンクの平面図及び地質断面図を示しています。緊急時対策所用燃料地下タンクは、主にCM級岩盤に直接支持されており、周辺地質はマンメイドロック及び岩盤が分布しています。緊急時対策所用燃料地下タンクの北側に免震重要棟、南側に免震重要棟遮蔽壁が隣接しています。

54ページをお願いします。緊急時対策所用燃料地下タンクについて、観点ごとに整理した表を示しています。

55ページをお願いします。線状構造物である燃料移送系配管ダクトの平面図及び縦断面図を示しています。燃料移送系配管ダクトは間接支持する配管の管軸方向と直交する方向に配置される壁部材が少ないので、間接支持する配管の管軸直交方向が弱軸となります。燃料移送系配管ダクトの南側にディーゼル燃料貯蔵タンク基礎が、北側に屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）が隣接しています。

56ページをお願いします。燃料移送系配管ダクトの平面図及び断面図を示しています。燃料移送系配管ダクトはボックスカルバート形状のダクトから構成される鉄筋コンクリート造の地中構造物です。下の図で②-②断面よりも①-①断面のほうが内空高さが高く、側壁に作用する土圧荷重が大きくなります。

57ページをお願いします。燃料移送系配管ダクトの平面図及び地質断面図を示しています。

同じように58ページには燃料移送系配管ダクトについて、観点ごとに整理した表を示しております。

続いて、59～63ページには、線状構造物である屋外配管ダクト、復水貯蔵タンクから原子炉建物の説明をしております。

また、64ページ～67ページは、同じように線状構造物である屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の説明を記載しております。

以上で、屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面選定についての説明を終わらせていただきます。

○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。

○岸野審査官 原子力規制庁の岸野です。

ただいま御説明ありました内容につきましてなんですけども、説明の冒頭のほうで許可段階においては耐震設計における断面選定の方針及び耐震評価候補断面の整理方法について説明するとありまして、詳細な整理結果や評価対象断面は工認段階で示すということで理解はいたしましたが、許可段階における断面選定の方針や整理方法が、今回の説明では少し不明確な点があるかなというふうに感じています。

一例を挙げますと、パワーポイントの20ページをお開きください。20ページの上のほう、これは取水槽について述べていますけども、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震力特性などの観点を踏まえた耐震評価候補断面の整理方針を示すというふうにありますけれども、下の表に示されたこれらの観点を、どのように考慮して耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面を選定する方針なのか、今回の説明ではまだ明確ではないかなというふうに感じます。

この点に関しては一つ二つ質問したいんですけれども、例えば表の下のほうに構造的特徴というのがあります、①-①断面から④-④断面、共通するような特徴として箱型構造物ですとか、半地下式構造物といった記載がありますけれども、構造的特徴という観点でこの中からどういった断面を選ぶのかというのは、今後どういう考えで行う方針なんでしょうか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

御質問の構造的な特徴というところでございますけれども、ここに書いてありますけれども、3連のボックスカルバートのところ、あとは6連のボックスカルバートになっているところ、そういったところで下の取水機能のところの空間の高さ、構造的に非常に高さが高いような壁があるようなところについては、揺れやすいというふうに考えておりますので、そういったところの観点、構造のちょっと違った観点というところで、例えばその前ページの17ページ、18ページでいいますと、17ページの①-①断面でございますとか、18ページの④-④断面というのは構造的には非常にコンパクトな構造物でございます、②断面でございますとか③断面というのは、下に通水の機能のところの部分で大空間があると。こういったところは弱部になるのではないかとということ踏まえまして、構造的特徴といったところで選定のほうを今後考えていきたいと考えております。

以上です。

○岸野審査官 規制庁の岸野です。

続きまして、1枚めくっていただきまして、21ページのほうで、下のほうに④地震力特性というのがありますけれども、こちらについても例としてお聞きしますけれども、「周辺状況を踏まえて整理する。」とあるんですが、地震力特性を周辺状況をどのように踏まえて整理して断面選定を行うのか。

さらに加えて言うならば、これは別途審議中ではありますけれども、周辺に液状化するような層がある場合は、それをどのように考慮して断面選定に反映するのか、その辺りの考えをお聞かせ願えますか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

まず地震力の特性、周辺状況と書いておりますけれども、地震が伝わってくる下の岩盤の構造が、島根の場合は東西方向はほぼ水平になっておるんですけれども、南北方向は若干北側に落ちるような速度構造になっております。

そういったところを踏まえまして、地震の伝播の方法のところの部分、あと③にも少し書かせていただいておりますけれども、周辺地質におきまして、今、別のところで論点として御審議いただいておりますけれども、埋戻土（掘削ズリ）と、そういったものが厚く堆積している状況のところなのか、それとも岩盤の中に埋まっているような構造なのかと、そういったところで地震特性、揺れやすさという観点のところ、今後選定をしようと考えております。

以上です。

○岸野審査官 規制庁の岸野です。

今、質問したようなことも含めて、これ以降、同じような問題意識で各審査官から具体的な指摘や質問があるかと思いますが、それらも踏まえて全体的に断面選定の方針、あと候補断面の整理方法をより具体的かつ明確になるような説明を検討していただきたいなと思います。

その際に、先行サイトの審査実績を基本的に踏まえているとは理解しておりますけれども、もう一度そちらのほうをよく確認いただいて、島根の特徴も踏まえた上で各断面に要求される機能も網羅的に抽出されているかということも含めまして、検討していただきたいと思いますが、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。

今の岸野さんの御指摘を踏まえまして、もう少しまず全体として具体的な方針を記載させていただくとともに、各構造物での今①～⑤という要求、整理しておりますけれども、

そこをもう少し具体的に各断面で記載をさせていただきますして、候補断面を網羅的に抽出、説明させていただきますと思います。

以上です。

○山中委員 そのほかは、いかがでしょう。

○服部専門職 規制庁の服部です。

パワーポイントの10ページを確認ください。

このページの四つ目の赤ポツのところで、箱型構造物については、評価対象断面を弱軸方向から選定し、強軸方向からは選定しない方針というのが示されています。強軸方向にも各部位に要求機能がありますし、あとは支持される機器や防水壁等の応答影響評価をする必要があると考えますが、強軸方向を耐震評価候補断面から除外した理由を説明してください。

例えば15ページを少し確認いただきたいんですが、ここに示されている取水槽に縦断図があります。これを見ますと、当然ながら強軸方向は弱軸方向と構造の特徴が違いますし、あとタービン建屋に隣接しているなど、周辺状況も違います。また弱軸方向では現れない部位というものも見られます。

さらに43ページ、44ページを確認いただくと、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽を見ますと、評価対象候補断面である44ページの弱軸方向は、両側に大型の原子炉建物と岩盤があります。それで挟まれています。

一方、43ページの強軸方向を見ると、片方は第1ベントフィルタの格納槽で、これは原子炉建屋のものに比べれば、少し小さい構造物になります。右側のほうには掘削土というふうに書かれています。

例えばこれを見ると、土圧の観点からすると、逆にこの強軸方向のほうが、耐震評価上厳しくなる断面ではないかというような考え方もあるかと思います。今の二つはただの一例なんですけれども、このようなことを踏まえて、強軸方向と弱軸方向の両方を、候補の断面として選定しない理由がわかりませんので、強軸方向の断面を除外した理由というのを説明してください。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。

パワーポイントの10ページに記載している、最後の四つ目の文書のところでございますが、これ当初我々としては箱型構造物を考えたときに、支配的に構造物そのものとして、弱部はどちらかというところを考えたときには、やはり弱軸方向の断面のほうが優先的に

なるのではないかとということで少し記載をさせていただきました。

ただ、その後の13ページで、これは先行サイトのものを踏まえまして、候補断面を整理するという観点で①～⑤番の観点で今回抽出していこうというふうに、一部見直しをさせていただいております。その観点を踏まえますと、先ほど服部さんがおっしゃられたとおり、機器配管系は縦断方向に載っているものもございますし、明らかに明確に弱軸、強軸と、箱型構造物でも言いにくいところもございましたので、これについては強軸断面につきましても候補断面として選定をいたしまして、改めてもう一度整理のほうを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。

今、お話のありました20ページを確認いただきたいんですが、今後は強軸方向についても候補断面に選定するという話でありましたので、例えば20ページについても⑤断面、これを候補断面として①～⑤の評価を具体的に示すということで理解しましたが、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。

そのとおり対応させていただきたいと考えております。ほかのものも含めて検討させていただきたいと思います。

以上です。

○服部専門職 規制庁の服部です。

わかりました。

それと先ほどもちょっと話がありましたが、ここの評価については、例えば21ページの③④⑤は、漠然とした記載になっていきますので、候補断面から検討断面を選定する際の考え方、こういうものがわかる程度に、具体的に設計の考え方も含めて記載を充実化させていただきたいんですが、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。

こちらの③④⑤につきましては、下の岩盤の分布状況でございますとか、周辺の地質の状況による地震力の特性の検討でございますとか、あとは⑤番の床応答の特性につきまして機器配管系がどういったところの部位に分布しておりまして、その特性を踏まえるとどういったところの断面が必要かというところを、もう少し考え方も含めて記載を充実していこうと思っておりますので、よろしく願いいたします。

以上です。

○服部専門職 規制庁の服部です。

わかりました。引き続きまして次の確認になります。パワーポイント資料の35ページを開いてください。

ここに2断面が示されていますが、現在示されている断面だけでは技術的な課題の有無を把握できませんので、取水管の耐震評価候補断面の整理に当たっては、まずその前提となる周辺地盤の3次元的な広がり状況と、取水管との位置関係がわかる資料を提示をしてください。

具体的には、岩盤、海底堆積土、捨て石、巻き立てコンクリート、被覆コンクリートと取水管との位置関係がわかる資料の提示を求めています。例えば取水口の平面図で二股に分かれているところがありますが、この付近を③断面として設定し、さらに①断面、②断面、③断面の側方の遠方まで、これを地盤状況を掲示するなどして、取水槽周辺の地盤状況がもう少し詳しくわかるような資料になるようにしてください。あと、説明が必要であれば、①断面、②断面の間、あとは②断面、③断面の間の断面についても提示していただいて、地盤状況がわかるようにしていただきたいと思います。

そして、その上で、地盤急変部や側面が岩盤に埋め込まれていないような範囲、これのあり、なしを含めて断面選定の方針を説明するようにしていただきたいと思いますが、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。

確認も込めて繰り返しになるかもしれませんが、話をさせていただきますと、3次元的な位置関係とおっしゃられておりますのは、岩盤上にコンクリートとか捨て石で掘り込んで管を入れておりますので、そういった状況が各いろいろな断面でもし変わるのであれば、そういったところを御提示することで3次元的に分布状況、あと岩盤への埋め込み状況というものを、今後御説明していこうと思いますが、そういった認識でよろしかったでしょうか。

○服部専門職 規制庁の服部です。

その認識でいいと思います。例えば懸念しているのは、先ほど説明がありましたように、岩盤に掘り込まれているという説明がありましたが、取水口付近はもしかすると岩盤に掘り込まれていないんじゃないかとか、あと岩盤に掘り込まれているように見えるんですけど、ちょっと離れたところに行くと岩盤がなくなっているのではないかとか、そういうと

ころで、もっと厳しい断面があるのではないか、それを候補断面にしなければいけないのではないかという観点から、もう少し断面を細かく切ったりして、周りの岩盤状況がわかるように、遠くまで切ると護岸にぶつかりますので、そこら辺も踏まえまして海底、どういう岩盤状況になっているかがわかるような資料にしていきたいという趣旨です。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。

先ほどの取水口のところにつきましては29ページのところにも、取水口のほうで少し取水管との取り合い部分、ちょっと御説明しておりますので、こういったところをもう少し御説明をして、岩盤の上に碎石を引いて取水管に載せているとか、コンクリートで巻いているといったような状況を、もう少し3次元的に御説明させていただくとともに、取水槽側のほうも必要により、また御説明の断面を追加していきたいと思っております。

以上です。

○服部専門職 規制庁の服部です。

では、よろしく申し上げます。

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。

○山浦技術参与 規制庁の山浦です。

21ページを開いてください。表の⑤の床応答特性というところなんですけども、これは土木構造物から支持される機電設備の耐震性評価の観点から書いたものだと思うんですけども、「間接する設備、構造的特徴、周辺状況を踏まえて整理する。」と、ちょっと漠然としているんですけども、機電設備の構造的特徴と、あと耐震特性、強軸、弱軸、これは土木構造物はどちらかに選定することができるかもしれませんが、振動特性が変わってくると、必ずしも土木構造物とは別の方向を見なくちゃいけないということもあるかと思っております。これは今までのコメントとダブるんですけども、⑤番目の床応答特性というのを、そういう観点からもう少し明確にしてもらえないかと思うんですが、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。

山浦さんおっしゃられるとおり、機器配管系の特性を踏まえまして、ちょっと書き方が今、構造物に寄ったような書き方をさせていただいておりますので、機器配管系の床応答という観点で、もう少し具体的に記載を、各構造物のほうでさせていただきたいと思いま

す。

以上です。

○山浦技術参与 了解いたしました。今までのコメントと同様に、もうちょっと明確化をお願いいたします。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、質問、コメントございますか。

○岸野審査官 規制庁の岸野です。

私のほうから観点のうち③の周辺状況というものについて、選定方針の考え方について質問したいと思いますが、パワーポイントの29ページ、30ページを御確認ください。29ページのほうには、②-②断面ということで、取水口の断面図が示されていて、30ページの表の③周辺状況、周辺地質というところには、恐らくこの断面に基づくと思われる地質の状況の情報が載っているんですけども、29ページの右上の平面図を見ますと、取水口には①-①断面といった直交する断面だったり、隣に取水口Ⅱというようなものもあったりいたします。

現時点では②-②断面を候補断面として考えているのかもしれませんが、こういった隣り合う施設ですとか、方向の異なる断面についても同じような地質状況になるのかということは、この資料というか説明からでは確認できないんですが、今後、工認段階で異なる方向ですとか、隣り合う施設の地質状況も考慮した上で、改めて候補断面を選定する方針なのか、この地質状況を踏まえた選定方針について、説明していただけますか。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

最終的には工認の段階で、候補をもう少し出して選んだ断面はどれかというので、御説明をしていきたいと考えております。そのときには今、取水口Ⅰ、取水口Ⅱにつきましては、同じような岩盤で、そこの設置レベルも同じで構造物も同じなんですけれども、その周辺の、先ほどもちょっとございました地質の分布状況というところも踏まえまして、最終的には候補断面として、御説明のほうを後段のほうでさせていただきたいと考えております。

以上です。

○岸野審査官 規制庁の岸野です。

29、30ページに示されたものだけで決め打ちではなくて、ほかの断面も候補として検討するという理解いたしましたので、そういった方針をきちんと説明していただきました

いなと思います。現段階では、例えばほかの施設でも複数の候補断面というのを挙げているんですけど、これらからさらに絞り込んでいくのか、これ以外にもまだ検討対象を広げる余地もあるのかといったことも含めて、そこら辺は説明を加えていただきたいなと思います。

あわせて、同様に③周辺状況についての質問になるんですが、ちょっとページを戻っていただきまして、23ページ、24ページをお開きください。

こちら、屋外配管ダクトについての断面図が幾つか例示されておまして、ダクトの基礎にはMMR、マンメイドロックがあるというような断面図になっていて、同じダクト構造物でも切る断面によって、マンメイドロックが複雑に形状が変化するということがわかる図になっているんですけども、これに対して整理された表が26ページのほうにあって、③周辺状況の周辺地質を見ますと、MMRを介して、主にCH級岩盤に支持されているとなっているわけなんですけども、断面選定を行うに当たって、MMRを奥行方向に連続するような構造として代表断面を選定するのが妥当なのか、あるいはMMRも設計上の位置づけ、例えば建屋の土止めとしてであったり、構造物の支持として設計されているものもあるかもしれませんが、そういった異なる目的のものがある場合に、モデル化にどのように考慮するかといった方針としては、どのようにお考えなんでしょうか。この辺りを説明、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。

23、24にお示ししておりますMMRにつきましては、基本的には施工時に掘り込んでおるところの岩盤を元に戻すということで、マンメイドロックとしてMMRを打設させていただいております。したがって、基本的には、ここで言うとダクトでございますけれども、各ダクトを支持しているといったものというもので評価をさせていただき、解析のほうでもモデル化のほうをさせていただこうと。目的としてはあくまでも構造物の直下にあるMMR、マンメイドロックという位置づけの支持という観点で、整理をしていきたいと考えております。

以上です。

○岸野審査官 規制庁の岸野です。

支持構造物ということで、このダクトに対してはそういう位置づけであるというふうに理解いたしました。

あと、最初もう一つ質問をしたんですけども、マンメイドロックの形状が複雑に変化

するであろうということから、その断面におけるマンメイドロックの形状が変化する点も、断面選定においては候補として挙げる必要があるのかもしれませんが、そこら辺のお考えをちょっとお聞かせいただければと思います。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

岸野さんおっしゃるとおり、MMRの高さが高いものとか岩盤から地表までが浅くて、MMRの高さが低いものといったものもございます。そういったところでは、周辺の地盤の土圧のかかり方というところが変わってくると思っておりますので、MMRの分布状況でございますとか、その高さ、そういったところも断面選定の候補を選びまして、適切に選定していきたいというふうに考えております。

以上です。

○岸野審査官 規制庁の岸野です。

御説明理解しました。

今の説明ではそこら辺も踏まえて今後そういう選定をしていくというところは、ちょっと説明から漏れているかと思えます。MMRの形状の考慮ですとか、ほかに周辺状況としましては隣接構造物ですとか、そういった項目もあるかと思えます。これらどのような形で考慮した上で、今後断面選定に反映していくのかというところは、しっかりと説明していただきたいと思えます。よろしく願いいたします。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

MMRもそうですし、隣接構造物につきまして今別の論点で御説明しようと考えておりますので、そういったところの基本的な考え方を御説明した上で、断面の候補を選んで設定していくという流れを、今後とらせていただきたいと思えます。

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2点あります。パワーポイント資料の20ページをお願いします。

ここでは取水槽の各断面において要求される機能が整理されています。島根2号炉の取水槽には、一部の構造部材に浸水防止設備が設置されて、そこが浸水防護重点化範囲の境界になるというふうに思われます。浸水防護重点化範囲の境界の部位については止水機能が必要と考えておりますが、事業者としてはどのように考えているか、御説明ください。

○中国電力（吉次） 中国電力の吉次でございます。

重点化範囲につきましては、今後、別途5条のほうで御説明していくことになると思いますけれども、その範囲を踏まえまして、適切に部位につきましては止水機能を確認していくということで、適切に反映してい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。

了解しました。今、一例で挙げましたが、取水槽以外にもそういった箇所があるようであれば、それらも含めて今後資料化して説明していただきたいというふうに思います。

2点目ですが、パワーポイント資料、15ページをお願いします。

ここでも取水槽を例にしますが、耐震評価候補の各断面については、まずそのモデル化とか、モデル化範囲の設計方針について示していただいた、その上でそれらを踏まえて断面選定の方針というものについて、説明していただきたいというふうに思っております。これはこれまで各審査官からの話と重複するところではあるんですが、現状の資料ではそういったところの設計方針だとか、設計方針を踏まえた断面選定の方針というのが明確になっていませんので、その辺りを資料化していただいて、今後説明していただきたいというふうに思いますが、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。

そちらも今別の論点で解析の精緻化、こういったふうな考え方で選定した断面をモデル化していくかといったところと重なってくるころだと思っております。これにつきましても、今後御説明をしていながら、この資料の中でもそれを踏まえて、断面選定のほうの考え方をお示ししていきたいと思っております。

以上です。

○千明審査官 規制庁の千明です。

了解しました。それぞれの構造物について展開していただければというふうに思いますので、よろしく願いいたします。

私からは以上です。

○山中委員 そのほかコメントございますか。

○江寄調査官 規制庁の調査官の江寄です。

今し方の結構、審査官から断面選定の方針の明確化ということで幾つかコメントあったと思うんですが、その中のそちらからの回答の中で、割と定性的な回答をしようという部分も見えたので、ちょっと確認をとりたいたんですけども、例えばあくまでも取水路の18ペ

ージと言ったときに、③断面と④断面を比べれば、確かに③断面のほうが形状としては揺れやすそうだという話がありますが、それは明確に先行サイトと同様に、定量的な判断基準を持って説明いただきたい。今回はまだ詳細設計に入っていないので、基本的にはそういう考えとしてどのようなアプローチで、そうした判断をするのかというのを明確化してもらいたい。

それともう一つ、揺れやすいということで、観点だけではなくて、内空高さ等で決めるという話もあったんですが、ただ構造物の体力からした場合、コンクリートだけが受け持っているわけではなくて、中に入っている鉄筋量の問題もありますし、より頑強な構造系統であれば、それだけ鉄筋量は少なくて済むということもありますので、そういった構造体力的な観点も含めて、定量的に説明していただきたいと考えています。

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、江寄さんから御質問がありましたとおり、まず基本的な考え方は定性的になると思っております。今後、候補断面を説明させていただくときには、先ほどありましたとおり下から伝わってくる地震の伝わり方、これは例えば今後お示ししていきますけれども、各地点での1次元による揺れ方を見てみるとか、周辺の液状化層の揺れ方を見てみると、そういったところも踏まえまして、選定位置が妥当な位置なのだろうかといった定量的なところも踏まえたいと思っております。

また、構造物につきましても、おっしゃられるとおり重要な機器が載っているようなところにつきましても鉄筋がきちんと配置されていますし、コンクリートが厚いところは鉄筋量が少ないと、そういったところもあろうかと思っておりますので、そういったところも踏まえまして、最終的な判断をするか、もしくはその両方を選定断面とするかといったところも、今後御説明のほう、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。

今し方のお話で、ほぼ理解できましたが、13ページに書いてあるように、①～⑤までのこういう判定基準をどのように使って、どのように整理していくのかという考え方は、一つフローで整理することも可能だと思っておりますので、その辺を申請者としての考え方をきちんと示して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。

了承いたしました。

○山中委員 そのほか、ございますか。よろしいですか。

本日、耐震設計方針のうち、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、並びに屋外重要土木構造物等の耐震評価における断面設定について説明をいただいたわけですが、幾つかの指摘事項ございました。御検討の上、後日また説明をいただければと思います。よろしく申し上げます。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。

御指摘踏まえまして検討させていただきます。よろしく申し上げます。

○山中委員 よろしいでしょうか。

それでは、本日予定していた議題は以上でございます。

今後の審査会合の予定については、本日16時半からプラント関係非公開、10月25日金曜日に地震・津波関係公開、10月29日火曜日にプラント関係公開の会合を予定しております。

それでは、第786回審査会合を閉会いたします。