

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第979回

令和3年6月1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979回 議事録

1. 日時

令和3年6月1日（火） 13：30～15：40

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
田口 達也 安全規制管理官（実用炉審査担当）
天野 直樹 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
止野 友博 上席安全審査官
藤原 弘成 主任安全審査官
皆川 隆一 主任安全審査官
植木 孝 主任安全審査官

東北電力株式会社

金澤 定男 常務執行役員 原子力本部 原子力部長
阿部 正芳 原子力本部 原子力部 部長
渡邊 剛史 原子力本部 原子力部 課長
飯田 純 原子力本部 原子力部 課長
清浦 英明 原子力本部 原子力部 課長
秋葉 真司 原子力本部 原子力部 副長
小野 晃史 女川原子力発電所 保全部 技術主任

山 崙	淳一	原子力本部	原子力部	主任
山 内	浩彰	原子力本部	原子力部	担当
大 宮	宏之	土木建築部	部長	
尾 形	芳博	土木建築部	部長	
辨 野	裕	土木建築部	副部長	
橋 本	澄明	土木建築部	課長	
伊 藤	悟郎	土木建築部	課長	
斉 藤	和秀	土木建築部	副長	
伊 達	政直	土木建築部	副長	
大 村	英昭	土木建築部	副長	
田 村	雅宣	土木建築部	副長	

4. 議題

- (1) 東北電力（株）女川原子力発電所2号炉の設計及び工事の計画の審査について
- (2) その他

5. 配付資料

資料1-1	女川原子力発電所第2号機	設計及び工事の計画の申請に係る論点整理について
資料1-2	女川原子力発電所第2号機	地下水位の設定、耐震評価における断面選定について
資料1-3	女川原子力発電所第2号機	建屋の地震影響を踏まえた機器・配管系の耐震評価について
資料1-4	女川原子力発電所第2号機	メカニカルスナッパの耐震評価について

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979回会合を開催します。

本日の議題は、東北電力株式会社女川原子力発電所2号炉の設計及び工事の計画の審査についてです。

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。

本日の会合は、新型コロナウイルス感染症対策のため、テレビ会議システムを利用しております。音声等が乱れた場合には、お互いにその旨を伝えるようお願いいたします。

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。

○天野調査官 規制庁の天野ですけれども、東北電力さん、音声聞こえてないので、ちょっとそちらでも確認をお願いします。

○山中委員 こちらの音声は聞こえていますかね。

ちょっとこちらに音声が届いてないですね。

一旦中断しますか。

それでは、1時45分再開ということで、何とか機械の調整をお願いいたします。

(休憩)

○山中委員 再開いたします。

それでは、資料について説明を始めてください。

○東北電力(阿部) 東北電力の阿部です。

今ほどの通信不具合でお手間を取らせまして大変申し訳ございませんでした。

では、説明のほうに移らせていただきます。

本日、御説明する項目ですが、資料1-1にまとめておりますので、まずそちらを御説明させていただきます。

それでは、資料1-1の1ページをお開きください。表を御覧いただくと、説明項目がNo.1～No.3までございますが、これまでの審査の中で論点として整理された項目になります。

No.1とNo.2は、昨年7月の審査会合でお示したものの説明事項になりまして、これにNo.3の論点を加えた3件が本日御説明する項目になります。

この後の御説明ですが、No.1の説明項目を資料1-2で御説明した後、質疑応答をお願いしたいと思います。次の説明に移る前に、説明者の席の入替えをする時間をいただきまして、No.2の説明項目を資料1-3で御説明した後、質疑応答、続いて、No.3の説明項目を資料1-4で御説明した後、質疑応答という順番で進めさせていただきたいと思います。

それでは、資料1-2の説明に移ります。

説明者が代わります。

○東北電力(橋本) 東北電力の橋本です。

それでは、資料1-2、地下水位の設定、耐震評価における断面選定について説明いたします。

1ページは目次になっておりまして、2ページをお願いします。まず本日の説明内容についてお示しします。第952回審査会合において、地下水位の設定について説明しましたが、そこで今後の説明事項として示した『設計用地下水位を踏まえた各施設の解析手法及び地震応答解析断面の選定結果』について説明します。

3ページをお願いします。また、同じく第952回審査会合において、表に示す指摘事項をいただいておりますので併せて説明いたします。

4ページをお願いします。女川のサイト特性を踏まえた地下水位に関連する検討の全体フローは図に示すとおりで、本日は赤破線の範囲を説明いたします。

左上の地下水位の設定については第952回審査会合で説明したものでして、地下水位低下設備の機能を考慮して設定するということが、また、液状化の影響を幅広く抽出するため、設計用地下水位は高めに設定するということが説明いたしました。

その右隣で、地盤の液状化強度特性については第2章で説明いたします。盛土・旧表土とも繰返し軟化を示すということで、どろどろの液体状にはならないということ。それから、盛土について追加試験を行っていますが、それを含めて保守的に設定している内容について説明します。

さらに右で、地盤改良の施工ということで、施設周辺に地盤改良を施工して、液状化の影響を緩和しております、これは第3章で説明いたします。

これら上段の三つを踏まえまして、下段の真ん中になりますけれども、解析手法の選定ということで、液状化の影響を考慮した解析手法の選定について、これも第3章で説明いたします。

また、その右隣で、評価対象断面の選定についても、併せて第4章でこちらは説明いたします。

最後に、左下になりますけれども、第5章で、地下水位が低い場合の影響検討について、その方針を説明いたします。

5ページをお願いします。第2章では、液状化強度特性の設定について説明します。

液状化検討対象層は、設置変更許可と同様に、未固結の地盤すべてを抽出いたします。

盛土について、設置変更許可での方針どおり、追加試験を実施しています。

液状化強度特性の設定については、設置変更許可における方針と同様、試験結果の下限

値に設定し、今回、追加試験も含めて評価した結果、設置変更許可時と変更ないことを確認いたしました。

表に、設置変更許可段階の説明と工事計画認可段階の説明を比較したものを示しております。

6ページをお願いします。敷地の地盤は、岩盤、盛土及び旧表土に分類されまして、液状化の可能性を考慮すべき地盤は、盛土と旧表土が該当しています。

盛土は建設時に発生した岩砕を締固め管理した人工地盤で、敷地の整地地盤のほぼ全域に分布しています。

旧表土は、発電所設置の際の掘削により、その多くが取り除かれている状態です。

盛土及び旧表土の分布断面図を次の7ページに示しております。

続いて、8ページをお願いします。液状化影響評価の基本方針については、設置変更許可のときから変更はなく、道路橋示方書に基づいて液状化検討対象層を抽出しますが、保守的に道路橋示方書では対象外とされる地盤についても液状化検討対象層として抽出いたします。

その結果、未固結の地盤である盛土及び旧表土はすべて液状化検討対象層として抽出しています。

盛土及び旧表土の物理的性質及び力学的性質については、地質調査、それから室内試験を実施し、物性値を設定します。

液状化強度特性の設定に当たっては、物性のばらつきを考慮し、試験結果の下限值に設定します。

9ページをお願いします。液状化強度試験の試料採取箇所ですが、まず盛土については、設置変更許可では2箇所から試料を採取して試験を行い、代表性を確認した上で、液状化強度特性を設定していました。

工事計画認可においては、データ拡充の観点から、各施設設備を網羅できるように6箇所を追加して液状化強度試験を実施いたしました。

10ページをお願いします。盛土の追加試験の計画につきましては、設置変更許可段階でお示ししております、図に示すような計画を示しております。実施した試験位置はこの計画どおりとなっております。

11ページをお願いします。次、旧表土ですけれども、旧表土は、発電所建設の際の掘削で、その多くが取り除かれておりまして、旧表土が残っております海側を中心に試料を採

取しています。

12ページをお願いします。次に、試験位置の代表性についてです。

まず、盛土ですけれども、液状化強度試験に用いた供試体が、敷地全体の代表性を有しているかということを設置変更許可段階と同様の方法で、盛土の粒度分布、細粒分含有率、相対密度、それからN値を比較することによって確認いたします。

盛土は締固め管理して施工した人工地盤でありまして、粒度分布のばらつきは比較的小さく、試験した箇所の粒度分布が敷地の粒度分布の範囲をおおむね網羅しているということを確認いたしました。

13ページをお願いします。細粒分含有率、N値及び相対密度については、液状化強度試験に用いた盛土の供試体が敷地全体よりも低い範囲にあるということを確認しました。

以上の結果は、液状化強度試験に用いた供試体が、敷地全体と同程度あるいはやや液状化しやすいということを示しております。

したがって、試験に用いた盛土の供試体は、代表性及び網羅性を有すると判断しております。

14ページをお願いします。前の13ページのN値の図で、液状化強度試験位置よりも低いN値が敷地の中で確認されています。

このN値が低い箇所は、いずれも採取位置が地下水位より浅い箇所又は施設の設置に伴い取り除かれていて液状化に影響しないということを確認いたしました。

なお、盛土の液状化強度特性の設定に当たっては、物性のばらつきを考慮して下限値に設定することにより保守性を考慮しております。

15ページをお願いします。旧表土についても液状化強度試験に用いた供試体が敷地全体の代表性を有しているかを、設置変更許可段階と同様の方法で、旧表土の粒度分布、細粒分含有率、それからN値を比較することによって確認します。

まず、粒度分布については、供試体が敷地全体の分布のおおむねばらつきの範囲にあることを確認いたしました。

16ページをお願いします。細粒分含有率については、液状化強度試験に用いた旧表土の供試体が敷地全体とほぼ同程度であることを確認しました。

また、N値については、試験に用いた旧表土の供試体が敷地全体よりも低い範囲にあるということを確認しました。

以上の結果は、試験に用いた供試体が敷地全体と同程度あるいはやや液状化しやすいと

いうことを示しております。

したがって、旧表土の供試体についても代表性及び網羅性を有すると判断しています。

17ページをお願いします。前のページの16ページのN値の図で、旧表土につきましても、試験位置よりも低いN値が敷地の中で確認されています。

このN値が低い箇所は3箇所ありまして、1箇所は採取位置が地下水位より浅い箇所、1箇所は施設の設置に伴い取り除かれた箇所であることを確認しました。残る1箇所については、液状化強度試験位置と同じボーリング孔であり、一連の地質であったということを確認しております。

また、旧表土の液状化強度特性の設定に当たっても、盛土と同様に物性のばらつきを考慮して、下限値に設定することにより保守性を考慮しております。

18ページをお願いします。次に、液状化強度試験の結果ですけれども、まず設置変更許可時にお示した盛土の液状化強度試験の結果です。

試験結果は、有効応力がゼロになるということではなく、ねばり強い挙動を示し、繰返し軟化に分類されるという結果になっております。

19ページをお願いします。今回追加した盛土の追加液状化強度試験の結果で、これも同様な結果を示しておりますして、繰返し軟化に分類されます。

20ページをお願いします。こちらは、設置変更許可段階でお示した旧表土の試験結果になりますけれども、盛土と同様に繰返し軟化に分類される結果となっております。

21ページをお願いします。次に、試験結果に基づく液状化強度特性の設定ですけれども、設置変更許可における液状化強度特性は、グラフの左側の図になりますけれども、試験結果の下限値ということで設定しておりますした。

工事計画認可でも同様に下限値に設定しておりますして、追加試験の結果を含めても、設置変更許可の設定から変更がないということを確認しております。

22ページをお願いします。こちらは旧表土の液状化強度特性の設定ですけれども、旧表土についても試験結果の下限値に設定をしておりますして、こちらは設置変更許可段階から変更はありません。

23ページをお願いします。こちらは解析コードに入力する液状化強度特性のパラメータですけれども、こちらも設置変更許可のときから変更ないということになっております。

24ページ、お願いします。地盤の液状化強度特性の設置のまとめになりますけれども、方針としては、設置変更許可段階から変更なく、盛土で追加試験を行っておりますけれども

も、その追加試験結果を踏まえても、液状化強度特性の設定結果に変更がないということを確認しました。

25ページをお願いします。第3章では、地盤の液状化を考慮した解析手法の選定について説明します。

液状化の影響を評価するためには、土の骨格と間隙水をそれぞれ個別にモデル化する有効応力解析を選定する必要があります。

26ページをお願いします。第952回審査会合において説明しました地下水の設定。それから、先ほどの第2章で説明しました地盤の液状化強度特定、さらには地盤改良の施工状況を踏まえまして、側方流動や浮上り等の地盤の液状化の影響を受ける可能性のある施設については、有効応力解析を選定いたします。

一方、液状化の影響を受けない施設については、全応力解析を選定いたします。

27ページをお願いします。ここで対象とする構造物は、地盤の液状化の影響が直接及ぶ地中構造物として表に示す構造物としています。

28ページに、その構造物の配置平面図を示しております。

29ページをお願いします。審査会合における指摘事項として、設置変更許可時からの設計進捗を踏まえて、地盤改良の効果を整理して説明することというものがありません。

設置変更許可時から地盤改良の範囲を追加しておりまして、施設ごとの地盤改良の範囲とその効果について説明いたします。

30ページをお願いします。効果として、地盤改良の施工によりまして、地盤の変形抑制や液状化対策といった効果が得られます。

設置変更許可段階からは、設計の進捗を踏まえまして、取水路や防潮壁において地盤改良の追加を行っています。追加箇所は、図の赤枠で示すとおりとなっております。

31ページをお願いします。原子炉機器冷却海水配管ダクト、海水ポンプ室、取水路、それから取水口における地盤改良の状況を示します。地盤改良により、地盤の変形抑制や液状化対策の効果が得られます。

32ページをお願いします。防潮堤、防潮壁、ガスタービン発電設備軽油タンク室及び揚水井戸における地盤改良の状況を示しております。

防潮堤においては、支持性能、変形抑制、液状化対策、津波に対する止水性への寄与といった効果が得られます。

防潮壁においては、液状化対策と変形抑制の効果が得られます。

ガスタービン発電設備軽油タンク室、揚水井戸では、埋戻し材として使っておりまして、埋戻しや液状化対策の効果が得られます。

33ページをお願いします。次の指摘事項として、各施設の解析手法の選定について、液状化や浮き上がりの評価を踏まえて説明することとあります。

地盤の側方流動や浮上り等の液状化による影響が考えられる場合や、地盤改良による液状化の影響緩和効果の確認が必要な場合には、有効応力解析が選定されるようにフローを作成しておりますので、その解析手法の選定方針と選定結果を説明します。

34ページをお願いします。解析手法の選定フローは図に示すとおりですけれども、岩盤中に施設が設置されていたり、地下水位が十分に低いといった液状化が影響を及ぼす可能性が無い場合は、全応力解析。一方で、液状化による側方流動や浮上りによる施設の影響が考えられる場合には、有効応力解析を選定するというのがフローの概要になっておりますが、具体的な例を次ページ以降で説明させていただきます。

35ページをお願いします。フロー①は、施設が岩盤内に設置されている場合で、岩盤の外側の盛土等がたとえ液状化したとしても施設には影響が及ばないということで、液状化を考慮する必要がないため、全応力解析を実施いたします。

フロー②は、施設周辺の地下水位より深いところに液状化層がないとか、施設底版よりも高い位置に液状化層がない場合、これも施設に液状化の影響が及ばないため、全応力解析を実施することとしています。

36ページをお願いします。フロー③は、防潮堤のように傾斜部があって、液状化により側方流動が発生するような場合には、その影響を考慮するため有効応力解析を実施します。

なお、液状化が発生しない場合の影響確認も実施することとしています。

フロー④は、施設周辺が隣接構造物に囲まれたり、周りを地盤改良したりする場合で、液状化の影響がないということを定量的に確認した上で全応力解析を実施することとしております。

37ページをお願いします。フロー⑤は、今までのものに当てはまらなかった場合になりますけれども、周囲に液状化検討対象層である盛土・旧表土があったり、改良地盤があっても、その有効性を確認する必要がある場合ということで、液状化の影響について判断がつかない場合には、全応力解析と有効応力解析の両方を実施することとしています。

次の38ページ～40ページに、施設ごとに、選定フローに基づいて解析手法を選定した結

果をお示しいたします。

41ページをお願いします。第4章では、評価対象断面の選定方針について説明します。

耐震評価断面は、構造的特徴、周辺地盤状況、地下水位等を考慮し、最も厳しくなると考えられる断面を選定いたします。

42ページをお願いします。断面選定の例をお示ししますが、まず線状構造物の断面選定例として、排気筒連絡ダクトの土砂部について説明します。

排気筒連絡ダクトは、地質縦断図にありますように、位置によって周囲の地質状況が異なります。その中で耐震評価が厳しくなることが考えられる上載土の厚さが最大となる断面①を選定しています。それから、断層の影響を評価するため、断面②を選定しています。

さらに、排気筒連絡ダクトには配管が設置されますので、床応答の観点から、加速度が最大となる断面③を選定しています。

43ページをお願いします。次に、箱形構造物の断面選定例として、海水ポンプ室について説明します。

海水ポンプ室の周辺地盤は地盤改良がされておりまして、ほぼ一様と言える状況になっております。一方、構造につきましては、断面の位置によってその特徴が異なることから、横断面として3断面選定するような選定をしております。

次、44ページをお願いします。審査会合における指摘事項として、設計用地下水位を高め設定していることを踏まえ、地下水位が低い場合の影響を整理して説明することとありました。

平常時の地下水位は、設計用地下水位より低い場合がありますので、そうした場合に耐震評価にどのような影響を与えるかというパターンを抽出した上で、各パターンにおける検討内容を整理いたしました。

影響については、今後確認していくこととしております。

45ページをお願いします。地下水位が低い場合に、耐震性に影響を与える可能性のある事象として、パターンA～Cの三つを抽出いたしました。

パターンAとしましては構造物の基礎版等に作用する水圧が減少する、パターンBとして地盤応答が変化する、パターンCとして構造物周辺に水位差が生じるというものです。

46ページをお願いします。この抽出したパターン毎に影響する可能性のある施設をまず整理しております。その中で影響が大きいと思われる施設を検討対象として抽出し、その検討対象施設で影響を確認いたします。

影響は、検討対象施設の耐震評価において確認していくこととしております。

以上で資料1-2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、コメントはございますか。

○藤原主任安全審査官 規制庁、藤原です。

私のほうから何点か確認させていただきます。まず、3.11の地震の際に、女川の発電所の敷地の護岸におきまして、10cmか16cm程度の水平変位が計測されていると思います。この変位というのは、液状化の影響が含まれているというふうに考えています。これにつきまして、今回、液状化に関する評価というのに絡めて検証をお願いいたします。

具体的に申し上げますと、36ページをおめくりいただけますか。36ページの左の表の中のフローの③で書かれているような、防潮堤であって地表面が傾斜あるいは岩盤面が傾斜とか、こういったような施設につきましては、地盤の側方流動というのが発生するかと思えます。こういったものの、要は有効応力解析の妥当性という観点での検証を1点と、あと、もう一つ検証いただきたい項目としましては、21ページをおめくりください。21ページのほうでは液状化強度特性、22ページもそうなのですが、この液状化強度特性が、今、代表性があるというふうに説明がなされておきまして、この強度特性というのは地盤のそういった側方流動の変位、水平変位の検証にもなりますので、こういったのが有効応力解析における液状化強度特性の検証、保守性がどのように取られているか、こういった点を今後検証いただきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。

○東北電力（橋本） 東北電力の橋本です。

おっしゃるとおり3.11、2011年の東北地方太平洋沖地震の後に取水口横の護岸の水平の変形量を測定しておりますので、その変形と今回設定しました液状化強度特性のパラメータによる解析の変形量がどういう関係になっているかということを確認したいと思えます。以上です。

○藤原主任安全審査官 規制庁、藤原です。

分かりました。じゃあ、またこれについては今後説明ください。

私のほうからその次の確認としまして、34ページをおめくりください。34ページにおきましては、これは全応力解析と有効応力解析を使い分ける、あるいは両方やるという場合のフローがここで示されてございます。ここで基本的には液状化の影響が全くないものは全応力解析、あるいはもう完全に液状化の影響があるものは有効応力解析、どちらか分からないものは両方やる。それに加えて、このフローの中の一番右の④というところで、液

状化の影響を受けないことを定量的に確認できるという場合は全応力解析、要はこういう定量的に確認できるという項目については今回の方針が示されたということは分かりました。

今後、この定量的な結果につきましては具体的に示していただいて、その根拠を、全応力解析だけでよいという根拠というのを、また結果をお示してください。その際には、そういった影響評価の結果を踏まえて、その原因とか分析をやっていただいて、液状化の影響がないこと、これについてはきちっと説明をいただきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。

○東北電力（伊藤） 東北電力、伊藤です。

④に該当します五つの構造物につきまして、定量的に確認すると書いておきまして、具体的には一次元の有効応力解析だとか、簡易的な方法ですけれども、定量的に評価をしておりますので、そちらの根拠をお示しして、液状化しないと判断した、その原因について分析、考察をしてお示しさせていただきます。

以上です。

○藤原主任安全審査官 規制庁、藤原です。

じゃあ、また次回、これについては説明をください。

私のほうからもう1点だけなんですけど、今回、方針だけを示されていて、結果が示されていないものが幾つかございます。前回のコメントでやった地盤改良の効果というものに関してもそうなのですが、あと、44ページに書いてある地下水位が低い場合の方針、これについてもまだ結果が、私どもはちょっと見ておりません。

ですので、これにつきましても、この34ページで⑤のところで書いているようなところにおきまして、例えば地盤改良の効果があるものとしては、その取水口付近の取水路だったり、あるいは、そういった効果と併せて施設を耐震補強しているもの、例えばCCbなどを用いて補強を行っている施設については、併せてその結果をお示しいただきたいのと、あと、地下水位が低い場合の話としましても、この⑤の中の施設のうちの、例えば排気筒連絡ダクトなど、これらに関しまして、構造強度だったり、あるいは浮上りの評価結果、これらを具体的に示して、最終的に設工認として結果が見られるように次回説明いただきたいと思っておりますが、いかがでしょうか。

○東北電力（伊藤） 東北電力、伊藤です。

⑤に記載のものは、フローに記載のとおり地盤改良しているものについては有効応力解

析でその効果、施設がSsに対して機能が維持するという確認をしておりますし、そのために地盤改良のほかにCCbなどで補強しているものもあります。また、排気筒連絡ダクトにつきましては、周りに地盤改良等も何もありませんので、浮上りに対する評価も、これも有効応力解析を踏まえて評価して、安全機能に問題がないことを今後お示しさせていただきます。

以上です。

○藤原主任安全審査官 規制庁、藤原です。

では、また次回これに関しては説明ください。

私のほうからは以上です。

○山中委員 そのほか、質問、コメントはございますか。よろしいでしょうか。

それでは、ここで事業者側の席の入替えを行いますので、約5分後、20分から再開したいと思います。

(休憩)

○山中委員 それでは、再開いたします。

資料の説明を引き続きお願いいたします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

それでは、資料1-3に基づきまして、女川2号機建屋の地震影響を踏まえた機器・配管系の耐震評価について御説明いたします。

表紙めくっていただきまして、1ページとなります。1ページ目は、本日の御説明内容となっております。本日はこのような内容について御説明させていただきます。

2ページ目、お願いいたします。本資料では、建屋の地震影響を踏まえた機器・配管系の耐震評価につきまして、昨年7月の会合での詳細設計申送り事項及び今年4月27日の建屋側の審査会合においていただいた関連指摘事項への対応について御説明させていただきます。

3ページ目、お願いいたします。建屋の地震影響を踏まえた機器・配管系の耐震評価につきましては、設置許可段階におきまして、実用炉規則に基づく東北太平洋沖地震、以下「3.11/4.7地震」と申します、地震後の設備健全性確認結果を踏まえ、機器・配管系の耐震設計の反映事項の検討結果をまとめてございます。

具体的には、下にあります、①のa項とb項になります。あと、4ページ目の②と③ということになります。こちらにつきましては、参考資料の1にて概略御説明いたします。

13ページ目を御覧ください。13ページ、参考資料1となります。こちらにつきましては、2019年4月の会合で用いた資料の抜粋となっております。

まず、一番上の黄色の枠囲みになりますけども、機器・配管系の耐震評価に反映すべき事項の検討方針につきましては、地震後の設備健全性確認における設備点検結果及び耐震Sクラス及び波及的影響設備を対象として行いました地震応答解析結果を考慮するとともに、機器・配管系が設置される建物・構築物の地震影響を踏まえて、検討してございます。

ここで機器・配管系の耐震設計の反映が必要となるものは、施設が地震影響によって損傷し、補修、取替等が困難で、その状態のまま再使用する場合があります。その損傷が地震応答解析及び構造強度評価に影響を与える場合というふうになります。

機器・配管系の地震後の設備健全性確認の結果としまして、青枠の中段となりますが、耐震設計の反映事項の整理結果を示してございます。

設備健全性確認結果より、耐震Sクラス設備に地震による損傷はなく、地震応答は弾性応答範囲であったこと、また、耐震B、Cクラス設備のうち異常を確認した設備につきましては、原形に復旧するため、地震による損傷は残らないということになってございます。

したがって、機器・配管系の設備健全性確認の観点からは、機器・配管系の耐震設計の反映事項はないというふうにまとめてございます。こちらの部分は先ほどの①のaに該当するものでございます。

続きまして、地震による疲労影響というものは十分に小さいことを確認しておりますけども、疲労累積係数による疲労評価を実施する場合には、許容限界に対して余裕があることに留意すると。こちらが②の項目になります。

その下、赤枠囲みの部分でございまして、建屋側の点検としまして、乾燥収縮及び地震による影響が確認されてございますので、こちらの観点からは機器・配管系の耐震設計につきましては、建屋初期剛性低下を考慮した地震応答解析モデルを用いるということになってございます。こちらが③の内容となります。

続きまして、14ページ、お願いいたします。こちらは耐震設計の反映事項の有無をフローで示したものでございます。下方にある青下線の記載について御覧ください。機器・配管系の部分でございまして、地震による異常があった既設耐震B、Cクラス設備は、新規制基準により重大事故等対処設備及び波及的影響設備となる設備も含めて原形復旧しているため耐震設計の反映事項はないというふうにまとめてございます。こちらが①のbに該当する部分でございまして。

資料、5ページにお戻りください。5ページにつきましては、詳細設計申送り事項に対する回答内容を整理したものとなっております。

①につきましては、機器・配管系の耐震設計の反映事項に係る検討の妥当性確認の観点で、その検討結果につきまして、4.1項で御説明いたします。

②につきましては、疲労累積係数による疲労評価に関しまして、許容限界に対して余裕があることの具体的な評価方針について、4.2項で御説明いたします。

6ページ目、お願いいたします。③につきましては、建屋初期剛性低下を考慮した地震応答解析モデルに対する具体的な反映内容及び建屋側の審査会合でいただいた関連指摘事項への対応を4.3項で御説明いたします。

7ページ、お願いいたします。4.1としまして、地震後の設備健全性確認結果に基づく耐震設計反映事項の妥当性確認の観点で、今回工認の耐震Sクラスの未改造設備の評価結果との比較・検討した概要について御説明いたします。

下の図を御覧ください。地震後の設備健全性確認におきましては、耐震Sクラス設備に対しまして、構造強度評価を実施してございます。この評価部位につきましては上の段になりますけれども、設計又は既往の評価に基づきまして裕度最小部位を代表としてございます。これらの部位につきまして、3.11/4.7地震に対して解析を実施しまして弾性応答範囲であることを確認し、右側の矢印になりますけれども、耐震設計に反映すべき事項をまとめてございます。

青点線で囲んだ部分が設置許可段階における検討範囲となります。

一方、評価用地震動によっては、裕度最小部位が変わる可能性があるため、今回工認、赤枠の部分でございますけれども、 S_s 、 S_d に対する耐震評価結果に対して裕度最小部位を抽出しまして、先ほどの構造強度評価部位との比較をしまして、相違があったものにつきましては今回工認の裕度最小部位が3.11/4.7地震に対して弾性応答範囲であったことを確認します。これをもちまして、耐震設計に反映すべき事項の検討結果が妥当であるという確認をしているというものでございます。

8ページ目を御覧ください。具体的な妥当性確認の手順について御説明いたします。

下のフローを御覧ください。3.11/4.7地震の構造強度評価対象設備につきまして、地震後における改造の有無を確認します。改造工事を実施した設備は状態が変化しておりますので、直接比較できませんので、未改造設備を対象とします。それらの設備につきまして、3.11/4.7地震の評価部位と今回工認における裕度最小部位の相違があったものにつつま

ては、右側の赤枠となりまして、これらを検討対象設備としまして、3.11/4.7地震の評価を行うという流れでございます。

9ページを御覧ください。妥当性確認結果としまして、代表的な評価結果の例を二つ御説明いたします。

まず、下の表についての御説明ですが、左側のAの部分が3.11/4.7の評価結果を示しております。中央のBが今回工認の評価結果となりまして、右側のCが相違があった場合の確認結果を示してございます。

一つ目の説明でございますが、高圧及び低圧炉心スプレイスパーージャにつきましては、今回工認の裕度部位が真ん中のBのところになりますけれども、ヘッダが裕度最小となりまして、それに対してC.で3.11/4.7地震に対する検討をしてございます。ここで3.11/4.7地震は、 S_s に包絡される関係となっておりますので、 S_s による算出値が III_{AS} 、すなわち弾性応答範囲以下であることを用いまして、3.11/4.7地震に対しても弾性応答範囲であったということになります。

続きまして、炉心シュラウドにつきましても、同様にCのところでも3.11/4.7の評価を実施してございます。Cの欄の右から二つ目に評価基準値ということで III_{AS} の基準値を書いてございますけれども、いずれの地震に対しても算出値が十分小さく、弾性応答範囲であったということが確認されます。

これら以外の評価結果につきましては、参考、1-3、16ページに記載してございます。いずれの設備につきましても弾性応答範囲であることを確認してございます。

9ページのほうにお戻りください。したがいまして、今回の検討結果から、地震後の設備健全性確認結果に基づく耐震設計反映事項の検討結果は妥当であるものと判断してございます。

10ページ目、御覧ください。機器・配管系の疲労評価を実施する場合の配慮についての御説明となります。

地震後の設備健全性確認では、既往評価を踏まえまして、疲労の影響が大きいと考えられる配管等を抽出し、3.11/4.7地震に対する疲労評価を実施してございます。

下の表が2019年6月に御説明しました評価結果となっております。いずれの対象設備につきましても、3.11/4.7地震に対する疲労累積係数は、合計しましても0.01未満となっていることが分かります。

これを踏まえまして、機器・配管系の疲労評価を実施する場合の配慮としまして、疲労

累積係数に0.01を見込んだ評価を実施いたします。

11ページを御覧ください。4.3、建屋の地震影響を踏まえた機器・配管系の耐震評価につきましては、地震影響を踏まえまして建屋側の耐震評価に係る審査会合でお示ししました既設各建屋の地震応答解析モデル及び入力地震動の設定方法を同様に適用いたします。具体的には、下の3項目となります。

また、コンクリートに関連する機器・配管系の検討結果としまして、原子炉本体基礎につきましては、念のため原子炉建屋と同様に初期剛性低下を考慮した地震応答解析モデルによる解析を実施するというものでございます。こちらにつきまして、参考2及び参考3で御説明いたします。

18ページを御覧ください。18ページは、既設建屋の初期剛性低下反映フローとなっております。地震観測記録を用いたシミュレーション解析、建屋の状態確認、耐震実験を踏まえまして、地震応答解析モデルを策定する手順となっております。

19ページ、お願いいたします。地震応答解析モデルの策定につきまして、今回工認における既設建屋の初期剛性の設計値に対する補正係数を以下の表のとおり示してございます。こちらの補正係数を同様に用いまして、機器・配管系の耐震評価を実施するということとなります。

20ページを御覧ください。地震応答解析モデルの不確かさの設定についてとなります。過去の観測よりも大きな加速度となる更新地震によっても剛性が低下する傾向が認められておりますので、初期剛性低下の影響を保守的に反映するモデルを不確かさケースとして採用いたします。

下の図は、原子炉建屋の基本ケースに対して0.78倍を示した図となっております。

21ページ、御覧ください。こちらは3.11地震等の観測記録を用いた原子炉建屋のシミュレーション解析におきまして、表層地盤の影響が確認されました。これを踏まえまして、表層地盤が入力地震動に与える影響が確認された建屋につきましては、入力地震動の評価方法を見直すというものでございます。

具体的には、22ページの表になりまして、表層地盤の影響を考慮する建屋としましては、原子炉建屋、タービン建屋、3号機海水熱交換器建屋となります。

23ページ、参考3となります。こちらはコンクリートと関係する機器・配管系に対する検討結果を示したものです。

下の図に示したような各設備につきまして、検討結果としまして、地震応答解析モデル、

許容限界に対して反映すべき事項はないことを確認してございます。

ただし、原子炉本体基礎につきましては、コンクリートひび割れの影響はないと考えられますけれども、念のため、初期剛性低下を考慮した地震応答解析を用いるということでございます。

24ページ、25ページにつきましては、具体的な評価結果を整理した内容と参考文献をつけてございます。

ページ、11ページを御覧ください。下の部分となります。上記の地震応答解析モデルを踏まえた今回工認の機器・配管系の耐震評価結果（設計成立性）につきましては各設備の耐震計算書に示すとともに最終的な整理結果を今後説明させていただきたいと考えてございます。

最後、12ページとなります。まとめです。建屋の地震影響を踏まえた機器・配管系の評価結果につきまして、詳細設計申送り事項及び審査会合での関連する指摘事項につきましては以下のとおり整理いたしました。

説明については以上となります。

○山中委員 それでは、質疑に移ります。質問、コメントはございますか。

○皆川主任安全審査官 規制庁、皆川です。

パワーポイントの13ページをお願いします。パワーポイントの13ページの青枠の一番上のところですが、3.11/4.7地震による、その設備の影響確認の判断基準としては、ここに書かれているとおり、その設備点検と地震応答解析。で、地震応答解析でその評価基準値としてⅢ_ASを満足するかしらないかという、その二つの観点で3.11/4.7地震の影響があったかどうかというのを判断をするというのが事業者が示している考え方だと思います。

一方、パワーポイントの3ページなんですけれども、3ページの①のa.のところ、今現状、事業者が我々にその弾性応答範囲であったかどうかというのは、ここに記載がされているとおり、その既工認記載の耐震Sクラス設備、波及的影響設備を含む、それについて地震応答が弾性応答範囲であったというところを我々に示しているというのが現状だと思います。

一方、今回工認なんですけれども、この既工認記載の耐震Sクラス設備関係以外に、新たに耐震Sクラスに格上げされている設備だったり、新たにSA設備として登録された設備など、あと波及的影響設備も新たになったものなど、そのS_sの評価が新たに必要になったような設備があると思います。これらについて、今後、その耐震計算書を確認していく上

では、この既工認記載の耐震Sクラス設備と同様に弾性応答だったかどうか、3.11/4.7地震で弾性応答だったかどうかというのを我々に示していただく必要があるというふうに考えていますが、この点、事業者の考えを説明してください。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

耐震B、Cクラスのうち、新規制基準によってSsの評価が必要となった設備に対する地震応答解析の取扱いについてというふうに理解しました。こちらにつきましては、まず基本的な我々の考え方としまして、地震後の健全性確認におきましては、地震による異常要因分析を踏まえまして耐震B、Cクラスに対する設備点検を実施してございます。その点検結果としまして、地震による異常があった場合につきましては、原形に復旧しており、地震に対する損傷は残らないので、耐震設計の反映事項はないというふうに判断してございます。

しかしながら、今、規制庁さんのほうから御確認のありました解析につきましては、現時点での我々の確認内容としまして、燃料プール、浄化系ポンプ、熱交換器といった剛設備につきましては、本日御説明しましたように、3.11/4.7の状態におきまして、Ssに対する応答が弾性範囲になっていることを確認しております。これ以外の新規制基準になりまして、Ssに対する評価が必要となった部位につきましては、耐震設計の反映事項の観点で、3.11/4.7地震に対する地震応答に対する検討及び整理をしまして、今後、その結果につきまして御説明させていただきたいというふうに考えてございます。

説明は以上でございます。

○皆川主任安全審査官 規制庁、皆川です。

今こちらからの指摘については、今後整理をした上で改めて説明いただけるということなので、よろしく申し上げます。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

私から2点確認させてください。まず、資料の10ページをお願いします。このページに3.11/4.7地震に対する代表配管系の疲労評価結果が示されています。

この結果は、設置変更許可時にも説明されているものですがけれども、この結果を踏まえて、今回工認の設備の疲労評価において、疲労累積係数の許容値、これを0.01分を考慮するというので、この結果を使っているということで、この結果は非常に重要な結果だと

いうふうに認識しています。

その観点から少し確認したいと思えますけれども、この結果ですね、通常の基準地震動 Ss等に対する疲労評価結果に比べて、かなり累積疲労係数が小さい値になっていますけれども、その理由を説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

今回、3.11/4.7地震に対する疲労累積係数が小さいことに対する御質問ということで理解いたしました。

工認の疲労評価でやる等価繰返し回数に比べまして、今回の疲労累積係数の算出につきましては、実際に建屋で観測された地震観測記録等を用いましたシミュレーション解析で得られた時刻歴波形を用いまして、設備自体に着目した疲労評価をしてございます。そういったことで、より精緻な条件で、実態に近い評価条件で評価をしているということになります。

その結果としまして、疲労累積係数に関連するピーク応力のレベルが小さかったと。最大でも、10ページで残留熱除去系配管の疲労累積係数が大きくなってございますけれども、こちらのピーク応力が最大でも250MPa程度であったということで、かなり小さい値となっております。

また、この小さい疲労累積係数になった効果としまして、我々、3.11地震前に耐震バックチェックを実施してございまして、その結果として自主的に耐震補工事を実施しております。その効果として、地震によるピーク応力が低減されたというものと考えてございます。

説明につきましては以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

評価の方法が設計と違って、かなり精緻にやられているという、原因であるというふうに理解しました。

ちょっとこれについては、評価法について、設計のやり方等の違いとか、あと地震動の特性の違いもあるのかなというふうに思うんですけれども、そのあたりを含めて違いを整理して、資料化して説明していただきたいと思えます。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

疲労累積係数の今回の算出につきまして、工認での評価方法と比較する形で、あと地震動も含めまして、詳細に整理した上で御説明させていただきたいというふうに思います。

以上でございます。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

それと、1点確認なんですけど、この評価において、地震の相対変位というのは考慮されているのでしょうか。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

疲労累積係数の評価に当たりましては、相対変位につきましては考慮したものとなっております。

以上でございます。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

分かりました。

さらに、ちょっとこのページに関して確認をしたいんですけども、まず、この代表配管の、評価した配管の代表性と、それから、この配管の評価結果を踏まえて、機器の疲労評価についても、この0.01という閾値を使っていると思うんですけども、この配管の結果を使って、機器の疲労評価の閾値としても、この結果を適用できる。その理由について、説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

10ページで評価しました、疲労評価を実施しました対象設備につきましては、3.11/4.7地震後の最新の当社が用いる評価結果を参照しまして、運転状態と疲労を組み合わせた場合の疲労累積係数が厳しいものとして、給水配管、あとは地震による疲労累積係数の影響が大きいということで、残留熱除去系をピックアップしてございます。

また、建屋の相対変位の影響から、原子炉補機冷却海水系の配管、あとは、原子炉压力容器に取り付けます給水ノズルを選定してございます。

そういったことで、当時の地震後の設備健全性確認において、疲労の影響が大きいものをピックアップして3.11/4.7の解析をしてございますので、そういったことからほかの設備に対してもこの結果が適用できるものと考えてございます。

以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

分かりました。

二つ目の質問で、機器にもこの結果というのは使えるということについて、ちょっと説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 機器につきましては、剛構造となっておりますので、地震によるピーク応力というのはかなり小さいものと考えてございます。そういったことから、今回配管で評価したこの結果が適用できるというふうに考えてございます。

以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

東北電力の考え方は理解しました。

今説明された内容について、これもやはり資料化して、説明を次回お願いします。よろしいでしょうか。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

説明性向上という観点から資料化しまして、御説明させていただきたいと思えます。

以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

お願いします。

それから、2点目ですけれども、13ページ、お願いします。

このフロー図の真ん中の機器・配管系の評価のところ、先ほど御説明がありましたように、地震応答解析による評価ということで、その結果を使って設備が弾性範囲という確認を実施しています。

この建屋機器の連成系の地震応答解析をやっていると思えますけれども、そのモデルについて、その解析について、どのようなモデルを使用して、解析条件はどうなっているかとか、ちょっと説明を次回お願いします。

建屋に関しては、コンクリートの剛性低下ということで、かなり解析の詳細について説明されているんですけれども、建屋機器連成モデルに関しては、今、補足説明資料の中でもあまり詳細なものは記載されていないくて、ちょっとこれについても、こちらとして確認が必要ですので、これの説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

建屋－大型機器連成解析モデルにつきましては、建屋側で乾燥収縮、地震による剛性低下が確認されておりますので、連成モデルにつきましては建屋の初期剛性の部分を低下させているというモデルとなります。

詳細なモデルにつきましては、今ほどの御指摘を受けまして、詳細な解析モデルについて、説明をさせていただきたいというふうに考えてございます。

回答は以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

お願いします。

それから、この件に関してもう1点ですけれども、設備の弾性範囲の確認をする際に、応答倍率法ですか、既工認の発生応力に荷重の比率を掛けて簡易的に評価している場合がありますけれども、それについても、算出過程というのを各設備について示していただきたいと思います。

今言った地震応答解析とか、設備評価の根拠については、趣旨は弾性範囲内にあるということについては、今回工認の耐震計算の前提条件になるものですので、先ほどの疲労評価結果と同様に、重要な結果だというふうに認識してしまして、そういう意味でちょっと説明性向上の観点から、資料の詳細化をしていただきたいというふうに考えています。いかがでしょうか。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

本日の資料、17ページを御覧ください。参考1の1-4になります。

構造強度評価をするに当たっては、段階的な評価手順としてございます。簡易評価。今ほど規制庁様のほうからあったやり方。こちらで弾性応答範囲で確認できない場合については、②ということで、設計時と同等の評価。その次については詳細評価と、こういった手順で評価をしてございます。

今ほどの御指摘を踏まえまして、説明性向上の観点から各設備の評価の詳細について、説明させていただきたいと思います。

以上でございます。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

お願いします。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、何か質問、コメント、ございますか。よろしいですか。

それでは、資料の説明を引き続きお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

続きまして、資料の1-4に基づきまして、女川2号機メカニカルスナッパの耐震評価につきまして、御説明させていただきます。

ページめくっていただいて、1ページ目、お願いいたします。1ページ目は、本日の御説

明内容となっております、このような内容について、御説明させていただきます。

資料2ページ目、お願いいたします。本資料は、今回工認におきまして、一部のメカニカルスナッパに対して既工認と異なる評価手法を適用していること、他プラントにおいて当該評価手法の適用実績がないことから、その適用にあたっての妥当性を御説明させていただくものでございます。

既工認及び今回工認の一次評価におきましては、評価作業を合理的に行うため、配管を支持するメカニカルスナッパの地震荷重があらかじめ設定した設計上の基準値、定格荷重及び定格荷重×1.5となりますが、これを満足しているかどうかを確認してございます。

一方、基準地震動の増大に伴いまして、メカニカルスナッパの地震荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超える箇所につきましては、当該基準値に余裕があることを考慮しまして、また、JEAG4601の規定等を踏まえまして、今回工認におきましては詳細評価としまして、強度評価及び機能確認を実施することとしたいと考えてございます。

3ページ目、お願いいたします。こちらは先ほど御説明した内容でございまして、メカニカルスナッパ評価方法の比較を記載してございます。

既工認及び今回工認の一次評価につきましては、SdまたはSsの地震荷重と、許容値であります定格荷重または定格荷重×1.5と、単純比較によりまして評価を実施してございます。

一方、今回工認の詳細評価につきましては、強度評価としまして、SdまたはSs地震荷重に対する各構造の材の応力を個々に評価しまして、JEAGの許容限界でありますⅢ_ASまたⅣ_ASと比較、検討し、満足することを確認することとございます。

また、機能確認としまして、SdまたはSs地震荷重が、機能が確認された耐力値を満足するかどうかというのを確認するものでございます。

それでは、4ページ目、お願いいたします。メカニカルスナッパの構造概要及び作動原理を下の図のとおり載せてございます。

メカニカルスナッパは、熱膨張が発生する高温配管の耐震用支持装置として、地震荷重のような急激な配管移動は拘束し、熱膨張のような緩やかな配管移動は拘束しない機能を持った製品でございます。また、配管から伝達される荷重を支持するための構造部材及び配管移動に追従するための機能部品で構成されてございます。

実際の発電所内部でのメカニカルスナッパの設置例につきまして、別紙7、36ページで御説明いたします。一番最後のページになります。

写真の真ん中にごございます赤点線で囲った部分がメカニカルスナッパとなってございます。こちら、配管を支持するような形で設置されている状況がお分かりになると思います。

資料5ページのほうに戻ってください。5ページでは、メカニカルスナッパの耐震設計に係る規格要求について、御説明いたします。

まず、規格基準に関する規則といたしまして、機器・配管系の支持構造物であるメカニカルスナッパにつきましては、地震による損傷防止としまして、「施設の機能を維持していること又は構造強度を確保していること」を確認することが要求されます。

また、JEAG4601につきましては、メカニカルスナッパは、「その他の支持構造物」に該当するため、配管からの地震荷重に対する発生応力がその他の支持構造物に規定される許容限界を満足することが要求されます。

また、耐震評価におきましては、解析による設計を基本といたしまして、機能維持上の評価が必要な場合には試験による設計も可能であること、また、許容限界内であることの確認につきましては、荷重による評価としまして、あらかじめ計算により求めた標準荷重や試験で確認された許容荷重を用いる場合が認められております。ここで言う標準荷重が先ほどの定格荷重及び定格荷重 $\times 1.5$ に相当するものでございます。

6ページ目を御覧ください。既工認における評価手順を示したものでございます。

図2を御覧ください。配管系の地震応答解析から算出されます配管反力がございます。すなわち、メカニカルスナッパの地震荷重となりますが、これがあらかじめ設定した設計上の基準値を満足することを確認します。許容力状態Ⅲ_ASにつきましては、定格荷重。また、Ⅳ_ASにつきましては、定格荷重 $\times 1.5$ というふうになります。

ここで定格荷重につきましては、別紙1を用いまして、御説明します。ページ、14ページをお願いいたします。

14ページは定格荷重に関する御説明となります。メカニカルスナッパは、製造者による鋼製部材の市場調達性、製作性などを考慮しまして標準化された製品でございます。製造設計にあたって設定する定格荷重及び定格荷重 $\times 1.5$ に対して十分な余裕のある設計となっております。

また、メカニカルスナッパ製造者は、定格荷重等に対する振動試験や定格荷重 $\times 1.5$ に対する過負荷振動試験等の確性試験を行いまして、メカニカルスナッパの性能を確認してございます。

確性試験の概要につきましては、下の表のとおりでございます。

これらを踏まえまして、既工認では、強度評価を実施した上で、あらかじめ設定した設計上の基準値としまして定格荷重及び定格荷重×1.5を適用してきたというものになります。

資料7ページをお願いいたします。今回工認における評価手順について、御説明いたします。

図3を御覧ください。左側の評価手順は、先ほど御説明しました既工認と同じになりますけれども、今回工認の一次評価では、地震荷重があらかじめ設定した設計上の基準値を超える場合、右側の赤枠の部分となりますが、あらかじめ設定した設計上の基準値に余裕があることから、JEAG4601及び既往知見を踏まえまして、詳細設計としまして構造部材の強度評価及び機能部品を含む機能確認を実施することといたします。

右側の赤点線の囲みを御覧ください。これは、定格荷重または定格荷重×1.5がJEAGに定める許容限界Ⅲ_ASまたはⅣ_ASとの関係として、余裕があることをイメージとして示したものでございます。

具体的な例がその下でございまして、JEAG4601の許容限界、Ⅳ_ASに対しまして、定格荷重×1.5が2倍程度の余裕があることが分かります。

8ページ目を御覧ください。今回工認における評価手順につきまして、全体概要を御説明いたします。

今回工認の詳細評価におきましては、あらかじめ設定した設計上の基準値を上回る荷重に対して、メカニカルスナップの機能を確認した電共研の成果を踏まえまして、以下の2項目につきまして、メカニカルスナップの耐震性を確認することとしております。

ここで、電共研の知見につきまして、別紙2を用いまして、概略を説明させていただきます。資料15ページをお願いいたします。

電共研では、平成12年度に耐震設計評価手法高度化の検討結果としまして、メカニカルスナップの定格荷重を超える荷重に対しまして、構造強度及び機能維持の面から限界耐力評価手法を策定してございます。

策定手順としましては、右側の流れとなりますけれども、大まかにa. 異常要因分析による評価対象部品の選定。次にb. としまして、機能を確認する耐力評価法を策定するための破壊試験。続きまして、c. で、公式計算等による試験前の予想耐力と試験結果による耐力確認荷重との比較を踏まえた限界耐力評価法の見直し検討。最後に、d. としまして、限界値耐力評価手法の策定という流れになってございます。

16ページを御覧ください。こちらは、メカニカルスナップの異常要因分析を図に示したものでございます。

メカニカルスナップの要求機能としまして、地震時の機能及び地震後の作動と性能確保の観点で異常要因分析を行いまして、構造部材の強度評価及び機能部品の機能評価を実施することとしてございます。

また、メカニカルスナップ全長に対する座屈評価も実施するということとしてございます。

17ページ、御覧ください。ここでは、先ほどの異常要因分析を踏まえて、構造部材の強度評価及び機能部品の機能評価の評価対象となる部品を選定した結果となります。右下の表に、構造部材、機能部品の選定結果を示してございます。

18ページ、お願いいたします。試験内容につきましては、機能維持評価法策定するための試験としまして、まず、一つ目は地震時の機能維持確認としまして、振動試験を行いまして、メカニカルスナップに要求される動剛性が確保されていることを確認いたします。

試験におきましては、加振荷重を段階的に増加させ、機能が維持できなくなるまで実施いたしております。

次に、地震後の機能維持確認といたしまして、低速走行試験を行いまして、メカニカルスナップが熱膨張に伴う配管移動を拘束しないことを確認します。

次に、座屈評価法策定のためには、静的圧縮試験を行いまして、メカニカルスナップ本体が座屈するまで試験を実施してございます。

下の表は、メカニカルスナップの最小裕度部品による型式を分類したものでございます。各分類の中で試験対象としたものが、赤枠と青枠で示したものでございます。

19ページ、お願いいたします。ここでは試験方法としまして、振動試験を例に御説明いたします。

振動試験装置としましては、右側の加振機がでございます。ここからメカニカルスナップの軸方向に加振力を付加しまして、左側にある荷重センサで荷重・変位を記録する構成となっております。

20ページ、お願いいたします。図に示す振動試験から得られた荷重・変位特性からメカニカルスナップの剛性、動剛性を算出しまして、必要動剛性が確保されているかを評価するものとなっております。

21ページをお願いいたします。21ページは試験結果をまとめたものでございます。

機能維持評価及び座屈評価に対しまして、試験前の予想耐力と、試験結果から確認された耐力確認荷重を示してございます。

ここで試験結果から得られます耐力確認荷重といいますものは、破損又は機能喪失が確認される前の試験条件でございまして、機能維持が確認されている状態でございます。この状態における最大荷重を設定してございます。

例えばまとめ表でございすけども、試験体SMS-03につきましては、予想耐力が六角ボルト17.6kNに対しまして、試験結果としましては、アンギュラー玉軸受としまして、29.9kNが確認されたというような整理でございす。

22ページ、お願いいたします。こちらは試験結果を踏まえまして、限界耐力評価法の見直しについて検討したものでございます。

評価対象部品の予想耐力は、「JEAG4601に基づく許容限界、各部材の構造から選定した応力算出式及び部材の断面積を用いて机上計算により算出した各部材の耐力値」となっております。また、「部品供給メーカーの推奨値」にて見積もっております。

試験結果から得られた評価対象部品の耐力確認荷重と予想耐力の大小関係を踏まえまして、限界耐力評価法の見直しに関する評価結果を整理したものが下の表となります。

例えば六角ボルトにつきましては、予想耐力の評価、方法につきましては、右側で試験結果を踏まえた耐力評価法の見直しを実施してございます。

具体的には、試験結果に基づく係数0.8、これに対して掛けることの材料試験に基づく引張強さ、掛けることの有効断面積というふうに見直してございます。

また、これを踏まえて限界耐力値を策定するに当たっては、材料試験に基づく応力、引張強さは、規格に基づく材料強度を適用することで、余裕を考慮する形となっております。

続いて、23ページをお願いいたします。電共研における試験結果を踏まえて策定された限界耐力評価法に基づく、機能部品を含むメカニカルスナッパの機能維持が確認できる限界耐力値につきましては、型式ごとに整理した表となっております。

耐力確認荷重の数値が記載されている部分、左から3番目のカラムになりますけども、ここが試験を実施して得られた数値となります。

その右側に限界耐力値を記載しておりますが、耐力確認荷重に対して余裕があり、また一番右側に定格荷重に対する限界耐力値の比率を示してございます。

それでは、資料8ページに戻っていただきまして、今回工認の詳細評価では、構造部材

の強度評価及び機能部品を含む機能確認を実施することになります。今ほど御説明させていただいた電共研の知見の反映、内容を含めまして、次ページ以降で御説明してまいります。

9ページ、御覧ください。構造部材の強度評価につきましては、電共研の知見及び荷重伝達経路を考慮して評価部位及び評価項目を追加しております。

地震荷重に対する各構造部材の発生応力がJEAG4601の許容限界を満足することを確認いたします。

図4につきましては、メカニカルスナップの伝達経路を示してありまして、赤囲みの部位、またメカニカルスナップ全体の座屈評価が追加項目というふうになります。

別紙3に追加した評価部位、評価項目の一覧表をつけてございます。こちら24ページ、25ページとなっております。メカニカルスナップのメーカーの型式ごとに分けて整理したものでございます。詳細説明については、割愛させていただきます。

資料につきましては、10ページ、お願いいたします。機能部品を含む機能確認につきましては、メカニカルスナップの地震荷重が電共研での知見である限界耐力値を下回っていることを確認いたします。

ここで限界耐力値は、メカニカルスナップに対する振動試験及び低速走行試験の試験結果を踏まえまして、型式ごとに策定された荷重値でありまして、機能部品を含むメカニカルスナップの機能が確認されたものとなっております。

電共研の知見につきましては、改めて説明させていただきます。試験結果としまして、耐力確認荷重というのが分かります。それに対しまして、右側の限界耐力値の設定に当たりましては、別型式の試験結果も踏まえまして、耐力確認荷重を安全側に低減させるようなことを実施しています。

具体的な評価例につきましては御説明します。型式SMS-3の場合につきましては、試験によって耐力確認荷重は94.2kNとなります。これに対しまして、限界耐力評価法を反映することで、SMS-3の最小裕度部位につきましては、アンギュラー玉軸受となりまして、限界耐力値は75.3というふうに切り下げた値となります。

この限界耐力値に対しまして、今回工認の詳細評価におきましては、地震荷重が内数であることを確認するというふうになります。

続いて11ページ、お願いいたします。基準適合性に係る御説明となります。

今回工認の詳細評価につきましては、メカニカルスナップがJEAG4601の「その他の支持

構造物」に該当しますので、応力による強度評価につきましては、JEAG4601に基づく許容限界を設定してございます。

また、地震荷重に対する機能確認につきましては、JEAG4601で認められた試験による設計に該当いたします。

また、今回工認の詳細評価では、あらかじめ設定した設計上の基準値を超えることから、より詳細に既往知見を用いまして、メカニカルスナッパの耐震性を確認するというものでございます。

12ページ、御覧ください。妥当性確認に関する御説明となります。

電共研での知見につきましては、限界耐力値の策定に関連する振動試験及び低速走行試験の試験条件がメカニカルスナッパの確性試験、これと同様であること、また、女川2号機の設計仕様と整合することを確認してございます。

具体的な試験条件の確認（例）は左下になります。加振波が正弦波であることにつきましては、実際の地震荷重に対しまして正弦波はより過酷な条件となり、確性試験とも整合してございます。

また、加振振動数が9Hzであることにつきましては、女川2号機の配管系の固有振動数は概ね10Hz前後であり、こちらにつきましては確性試験の振動数とも整合する結果となっております。

こちら、これ以外の比較結果につきましては、別紙4に記載してございますけども、説明については割愛させていただきます。

次に、二つ目の矢羽根になります。電共研での知見が妥当であることの検証としまして、平成21年～平成22年度にJNESが実施したメカニカルスナッパの耐力評価手法に係る研究がございました。これと比較検討を実施しております。その結果としまして、一連の検討プロセスが電共研と同様であること、試験条件及び試験結果として得られた限界耐力値も同等であることを確認してございます。具体的な評価（例）は右側になりますけども、これ以外の評価結果も含めまして、別紙5、27ページで御説明いたします。27ページをお願いいたします。

27ページにつきましては、メカニカルスナッパの各型式ごとに、左側に電共研、右側にJNES研究の結果を載せてございます。

一番右側にJNES耐力値と電共研限界耐力値の比率を示してございます。同等であるとなっていることが分かります。

一部相違があるものにつきましては、次の28ページに考察をさせていただきます。

28ページ、御覧ください。JNES研究の耐力値が電共研の限界耐力値を下回った要因の整理結果でございますが、以下のとおり電共研の限界耐力値を否定するものではないということを確認させていただきます。

より詳細に説明したものが29ページとなりまして、枠囲み内の説明となりますが、JNESでは一部保守的な扱いをしていたことによるものということでございます。

資料13ページにお戻りください。13ページはまとめとなります。

矢羽根の三つ目までが、これまでに御説明させていただいた内容となります。

四つ目の矢羽根ですが、今回工認におきまして、詳細評価対象となりましたメカニカルスナッパ（44台）に対する構造部材の強度評価及び機能確認に対する荷重評価を実施した結果を、別紙6、30ページ以降に記載してございます。30ページ、御覧ください。

30ページ～33ページにつきまして、構造部材の強度評価の結果を示してございます。

30ページになりますけども、Sd及びSsの地震荷重に対する発生応力が、いずれとも許容応力内であることを確認した結果となっております。こちらが33ページまで続きます。

34ページ、御覧ください。34ページにつきましては、機能部品を含む機能確認の結果となっております。

Sd、Ssに対する地震荷重が、一番右側に示しております電共研の限界耐力値以内であることを示した結果が34ページ、35ページとなります。

以上、メカニカルスナッパの耐震評価に係る御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、コメントはございますか。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

7ページ、お願いします。今回工認での詳細評価の考え方について確認させてください。

このページの赤枠に示してあるとおり、スナッパに加わる地震荷重に対して、個別部材の強度評価をやる。そのほかに耐力値、限界耐力値等の比較をやって健全性を確認するという手順になっています。

一方、左側の一次評価のほうは、あらかじめ標準荷重、許容荷重というものを設定して、それと地震による荷重を比較するというやり方になっています。

今回工認のやり方、詳細評価のやり方なんですけれども、一つのやり方として各タイプのスナッパに対して、構造部材の評価とか、機能確認のための耐力との比較を実施して、各タイプごとにあらかじめ標準荷重というのを新たに設定するというやり方もあると思

ます。

各タイプごとに新たな標準荷重を設定しておけば、あとは地震による反力との比較だけで済むと思うんですけれども、今回そういうやり方ではなくて、個別に各構造部材の強度評価をスナッパごとに毎回やる。その考え方、理由を説明してください。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

今ほどの確認は、今回、我々、各部材ごとに強度評価をしてございます。また、機能確認をしてございます。それを一つの値として荷重評価にしない理由ということだというふうに理解しました。

我々の今回の取組としましては、今回工認の一次評価につきましては、もともとの荷重評価でございます定格荷重及び定格荷重×1.5と地震荷重を比較するような形をしてございます。

一方、今回の詳細評価につきましては、その定格荷重及び定格荷重×1.5を超えますので、我々としてはメカニカルスナッパを部品単位ごとに応力評価を実施して、JEAGの許容限界Ⅲ_AS及びⅣ_ASに満足しているかどうかというふうなことを確認してございます。

また、強度評価では確認できない可能性もございますので、既往知見としまして、電共研での成果を踏まえまして、S_d及びS_sに対する地震荷重と限界耐力値を比較することによって、メカニカルスナッパの耐震性を確認する手法を採用したというものでございます。

今ほどおっしゃっていただいたように、あらかじめ荷重を設定するやり方もあろうかと思えますけれども、我々としては本日御説明した内容で詳細評価をするということでございます。

説明は以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

ちょっと質問した趣旨は、地震による荷重、スナッパに加わる荷重が定まって、それに対して部材の強度評価をするわけですけれども、各部材での発生応力というのは、荷重の方向が一方向ですので、入力する荷重と比例するのであれば、1回その評価をやれば、あとは標準荷重というのを設定できる。個別に毎回、強度評価をする必要はなくて、標準荷重として設定できるというふうにちょっと思いまして。かえって各スナッパごとに毎回同じ型式に対しても違う地震荷重に対して強度評価をやるというのは、ちょっと煩雑になるのではないかとこのようにちょっと考えたんですけれども、その点について説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

今ほど規制庁さんのほうから御指摘のありましたことにつきまして、メカニカルスナッパの評価としまして、既工認及び今回の一次評価と同じように標準荷重を定めるやり方があるということで理解しました。

こちらにつきまして、今回、我々、各部品の応力評価を一つ一つ検討したわけですが、今ほど伺った評価のやり方につきましても検討させていただいた上で、対応につきまして、御説明させていただきたいというふうに思います。

以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

私が先ほど言ったやり方を別に強制しているわけではなくて、もし個別に強度評価をやる理由があるのでしたら、それについて説明していただければよいというふうに考えています。

以上です。

○東北電力（飯田） すみません。東北電力の飯田でございます。

先ほど私のほうから御回答しまして、そういうやり方についても検討するということがございましたけども、今回詳細評価をやったメカニカルスナッパの台数でございますけども、本日の資料の2ページを御覧ください。

2ページ目の一番下に*がございまして、工認主配管に設置されたメカニカルスナッパというのは、全体で500台ございます。そのうち、今回詳細評価を実施したのは44台でございます。全体としましてはこういったように10%に満たない数だということでございます。

我々としてはこれまで評価をしてございますので、このようなやり方をさせていただきたいというふうにも考えてございます。

もう少しこの台数が多くなるようであれば、先ほどお話あった評価のやり方についても検討していくということで、考えております。

私からの説明は以上でございます。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

今の飯田さんの説明は理解しました。

ちょっともし、次回そのあたりも含めて、普通に考えると、新たな標準荷重をなぜ設定してやらないのかという疑問も出てきますので、先ほど言われたような考え方があるので

したら、次回説明いただきたいと思います。

以上です。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

趣旨理解しましたので、検討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。

○皆川主任安全審査官 規制庁、皆川です。

パワーポイントの24ページをお願いします。メカニカルスナッパの詳細評価の評価対象についての網羅性について確認をさせていただきます。

24ページに既往知見とその地震伝達荷重、荷重経路を踏まえて、既工認の評価部位からその詳細評価をやるに当たって追加した評価部位というのがまとめられていると思います。

24ページ、SMSの例ですけれども、この表で見ると④のところでクランプという部品がありまして、それについては※1が振ってあって、メカニカルスナッパ本体の部品ではないため、評価対象外ということで、今回のメカスナの詳細評価としては対象外として扱っていると。

一方で、付属部品として個別に応力評価を実施しているというふうに記載があるんですけども、この応力評価についてどのような評価をしているのかというのと、それについては、この24ページのSMS型、あとは25ページのNMB型の13番、14番と同じような部品でいうとクレビスですかね。それらについては、今回、定格荷重と定格荷重×1.5を超えたものとして、先ほど説明があったように44台メカニカルスナッパとしてはあると思うんですけども、その付属部品として、その44個全てを評価をしているのかという点。その評価内容と、あと今の点と、あと評価結果。結果として許容値がちゃんと満足できているのかという点について説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

今ほどの御確認は、24ページの④のクランプ。あとは25ページの⑬、⑭の評価の内容についてというふうに理解いたしました。

こちらにつきましては、メカニカルスナッパの付属部品としまして、応力評価を実施してございます。こちらが、メカニカルスナッパに配管側から加わる地震荷重を用いまして、クランプもしくはクレビスに対して、個別に応力評価を実施しているというふうになります。

一方、メカニカルスナッパにつきましては、先ほど御説明させていただきましたけども、荷重評価としまして、定格荷重、定格荷重×1.5というふうに設定しておりますけども、こちらの設備につきましてはそういった荷重評価ではなくて、具体的に地震荷重から応力を評価し、JEAG4601の許容限界であるⅢ_{AS}、Ⅳ_{AS}を満足していることを確認しているものでございます。

また、二つ目の御確認としまして、44台の全てについて、こちらの部品を評価しているかというふうに理解しました。

こちらにつきましては、44台全てのクランプもしくはクレビスにつきましては、応力評価を実施してございます。

回答につきましては以上です。

○皆川主任安全審査官 規制庁、皆川です。

今の説明で分かりました。

SMS型とNMB型、その評価対象、今回の詳細評価の対象ではないんだけど、個別に応力評価をするものについては、それぞれの部品に係る地震の発生荷重に対して応力評価をし、それぞれ許容値を満足しているということを確認できましたので、分かりました。

私からは以上です。

○山中委員 そのほか、いかがでしょう。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

私からもう1点確認させてください。18ページ、お願いします。

18ページの下の表に、電共研でやった試験、メカニカルスナッパの試験対象について示されています。このうち、青で囲ったもの、SMS-03の型式に関しては、下の注記にあるように、再現性確認のために、3体試験を実施したというふうな記載があります。この3体やったものに対しては、試験結果は多少違っているのかなと思うんですけども、3体やったことによって試験のばらつきというのが把握できると思います。

この3体の試験の結果から、そのばらつきに関して、今回評価法を策定するに際して、ばらつきをどのように考慮したかというところを説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

今ほどの御確認は、今回の詳細評価に当たりまして、ばらつきの考え方についてのお問合せというふうに理解いたしました。

まず、本日のパワーポイントの10ページを御覧ください。真ん中ほどに電共研の知見と

ということで記載してございますけども、まず試験結果に基づきまして、耐力確認荷重というものを振動試験結果から求めます。こちらにつきましては、先ほども御説明させていただきましたけども、振動試験において破損又は機能喪失が確認される前の試験条件における最大荷重を採用しておりますので、まずこの段階で余裕が含まれるということになります。

また、電共研における限界耐力等は、すみません。このページでいいますと、耐力確認荷重が求められまして、そこから限界耐力値を設定しますけども、ここにおきましては、別の型式の試験結果も踏まえて、耐力確認荷重を低減させるというような水平展開をしております。こういったことにも余裕が含まれるということになります。ですので、今回、機能確認に用います限界耐力につきましては、2段階で裕度が含まれているということ、まず最初に御説明いたしました。

続きまして、21ページを御覧ください。これは先ほど規制庁様のほうから御確認のあった試験結果に関しまして、分類Bを御覧ください。SMS-3型につきましては、3体の試験をしております。その結果が右側に記載しております。

もともと予想耐力につきましては、88.2kNというふうになってございまして、それに対する3体の試験結果としましては、耐力確認荷重のところに記載している値となります。

こちらを見ていただきますと、今回、限界耐力を設定するに当たって採用する耐力確認荷重は、一番小さい94.2というものを採用します。こういった配慮をしているということになります。

また、メカニカルスナッパについて考えてみますと、部品の種類、基本的な構造は同じでありまして、標準化された製品となっております。

先ほど御説明させていただいた3体の試験結果を見ましても、目標の負荷荷重を超えていずれも同じ部品での破損が確認されております。限界耐力値の設定によりましては、一番最小の値を使うこと。こういったことから、先ほどの余裕分も含めまして、ばらつきに対する影響につきましては、今回の限界耐力の設定法の中で、十分カバーできるものと考えてございます。

回答については以上となります。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

今の御説明で、21ページですね。SMS-3に対して、分類Bですか。3体あった試験の結果を踏まえた、このSMS-3に対する評価ということについては理解しました。

それから、ほかの評価法について、余裕を考慮して許容値を設定しているという説明があったと思いますが、これについても理解しましたけれども、もう少し、ちょっと詳細に説明していただきたいのは、このSMS-3については3体やっけて、3体の試験の結果があって、ここにあるようにちょっとばらつきがありますと。ほかの型式に関しては、1体ずつしかやっけていないですけれども、それに対して具体的にばらつきをどのように考えたかとか、そういうところについて少しばらつきに着目して説明、次回整理して説明をしていただきたいんですが、よろしいでしょうか。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

今ほど口頭で御説明させていただいた内容も含めまして、ばらつきに対して検討・整理の上、御説明させていただきたいというふうに考えております。

以上でございます。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

お願いします。

それから、同じ先ほどの18ページのところで、二つ目の矢羽根で座屈評価法策定のための破壊試験というのも行われています。既往の座屈試験では、試験体によってばらつきがやはりあるという結果があると思います。

今回も座屈の評価に対して、先ほどと同じように、座屈の試験の結果からばらつきをどのように考慮して評価法を策定したのかというところを、説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

本日のパワーポイント22ページを御覧ください。22ページの表の下から2番目でございますけれども、座屈に対する限界耐力評価手法に関する整理結果をまとめたものでございます。

もともと座屈につきましては、理想的な状態での耐力を予想値と設定してございます。それに対しまして、実機の状態を踏まえた静的圧縮試験を実施しまして、その結果としまして、試験結果に基づく0.7倍。あとは座屈限界耐力というものを設定してございます。

こういったように、試験をした上で十分余裕を持たせた形で座屈評価に関する評価法を設定しているということになります。

回答については以上となります。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

座屈の今の説明された件に関しても、少し詳細に記載のあるまとめ、補足説明資料を確

認したんですけれども、ちょっとばらつきの考え方というのが少し分かりづらいところがありますので、改めて先ほどのものと併せて、座屈に関するもばらつきの考え方を整理して説明をお願いします。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

先ほどの説明から漏れておりましたけども、座屈の評価をするに当たっては、複数の試験をした上で設定してございます。

今ほどの御指摘を踏まえまして、座屈評価に関するばらつきに対しても検討、整理の上、次回御説明させていただきたいと思っております。

回答については以上です。

○植木主任安全審査官 規制庁、植木です。

お願いします。

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。よろしいですか。

幾つか指摘事項があったかと思っておりますけれども、次回御回答よろしく申し上げます。

事業者のほうから、何か確認しておきたいこと、ございますか。

○東北電力（飯田） 東北電力の飯田でございます。

特にございません。

○山中委員 そのほか、規制庁側で何か確認しておきたいこと、ございますか。よろしいですか。

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、6月4日金曜日に地震・津波関係（公開）の会合を予定しております。

第979回審査会合を閉会いたします。