

第7回 建築物・構造に関する意見聴取会

議事録

日 時：平成24年1月30日（月）17：00～19：30

場 所：経済産業省別館1階 101－2共用会議室、103共用会議
室及び105共用会議室

出席者： 主 査 西川 孝夫
委 員 久保 哲夫
小林 英男
西谷 章
林 康裕
藤田 隆史
前田 匡樹

<敬称略・五十音順>

○西川主査 それでは、定刻になりましたので、ただいまから、第7回「建築物・構造に関する意見聴取会」を開催させていただきます。

まず、議事に入る前に、保安院から配付資料の確認をお願いいたします。

○木下安全審査官 本日は、御多用中にもかかわらず、御出席いただきましてありがとうございます。

それでは、早速でございますが、配付資料の確認をさせていただきたいと思います。

まず、A4横の1枚もの、座席表を御用意しております。

次に、A4縦のものでございますが、委員名簿を御用意しております。

次に、本日、第7回意見聴取会の議事次第を用意しております。4.のところで配付資料を書かせていただいておりますが、これに沿って確認をさせていただきます。

それでは、建築物・構造7-1、コメントリスト、A4横の資料でございます。

建築物・構造7-2-1、福島第一原子力発電所の影響検討についてというA4横の資料でございます。

A4縦の資料でございますが、建築物・構造7-2-2、5号機の現場調査結果報告を御用意しております。

建築物・構造7-3、A4横のものでございますが、東海第二発電所のシミュレーション解析結果という資料を御用意しております。

A4縦のものでございますが、建築物・構造7-4、中間とりまとめの素案ということで御用意しております。

この7-4の次に、右肩に別紙1と書いてあるものが、7-4の図表集をまとめたものでございます。

それから、本日の御説明にちょっと関連するものがございますので、参考資料ということで、前回、第6回にお配りしております、建築物・構造6-2という、福島第一原子力発電所5号機、機器・配管系の影響検討についてという資料を御参考までに置かせていただいております。こちらにつきましては、適宜御参照いただければと思います。

それから、卓上のみでございますけれども、日本原子力発電株式会社の方から保安院の方に報告していただいているものとじたハードファイルのものでございますけれども、こちらも御用意しておりますので、適宜御参照いただければと思います。

資料につきましては、以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。資料の方は、よろしいでしょうか。

それでは、議事に入らせていただきます。

初めに、建築物・構造資料ナンバー7-1ですけれども「建築物・構造に関する意見聴取会コメントリスト」について、保安院から説明させていただきます。よろしく申し上げます。

○木下安全審査官 それでは、建築物・構造7-1、コメントリストについて御説明をさせていただきます。

前回から変わったところについて、アンダーラインを引いてございますので、そちらの変わったところを中心に御説明させていただきます。

まず、12 分の 2 ページでございますけれども、福島第一・第二原子力発電所関係ということで、前回の第 6 回、参考資料としてお配りしておりますけれども、5 号機の機器・配管系の影響検討についてということで御説明をさせていただいております。

その資料について、幾つかコメントをいただいておりますので、12 分の 2 ページにつきましては、指摘事項を以前にいただいておりますけれども、この指摘事項を踏まえまして、前回、資料 6－2 を用意して御説明させていただいております。回答・対応（案）のところは、御説明した内容をかいつまんで書かせていただいておりますけれども、その中でも原子炉本体の支持構造物の器具のところについては、もう少し検討すべしという御意見、後の方にも出てまいりますけれども、そういったコメントをいただいておりますので、コメントについて対応していきたいと考えてございます。

12 分の 2 ページのナンバーでいうと、下の方の 7 番でございますけれども、こちらにも前にいただいております指摘に対して、前回 6－2 の資料で御説明をさせていただきましたけれども、もう少しモデルの妥当性、そういったものについては、御指摘を踏まえて、引き続き検討させていただきたいというふうに考えてございます。

それから、次の 12 分の 3 ページでございます。No.8 でございますが、こちらにつきましても、以前、御指摘をいただいていたところでございますけれども、こちらについて、前回 6－2 の資料で御説明させていただきましたということでございます。

No.9 から前回の資料について御指摘いただいたところでございますけれども、主要な設備以外のところの耐震 S クラスの機器について、入力地震動を基準地震動 S_s によって評価して、御説明をさせていただいておりますけれども、そういった基準地震動 S_s による評価で代用する理由というところが、技術的な説明がないと、そういった御指摘をいただいておりますので、御指摘を踏まえて、中間とりまとめの方には反映させていただきたいと考えております。

本日は、中間とりまとめの素案という形で 7－4 の資料を御用意しておりますので、素案でございますけれども、中間とりまとめの方は、後ほど御説明させていただきたいと考えております。

No.10 でございますけれども、前回お示しした 6－2 の資料の中でも書いてございますが、11 ページの方に、1 次スクリーニングの結果で、先ほど申し上げた原子炉本体の支持構造物、基部のところでございますが、応力比、 α という形で示させていただいておりますけれども、 α と設計時の裕度 β 、こちらがいずれも全く同じ値ということで、この資料の中では 1 次スクリーニングで落とされていたところでございますけれども、その設計の裕度が上回っているわけではないので、現場の確認が必要ではないかというような御指摘をいただいております。こちらにつきましては、当該設備について、詳細な評価をするということで、現在は検討させていただいております。

次の12分の4ページでございますけれども、No.11でございますが、こちらも前回御説明させていただいた6-2の資料でございます。解析では、その評価基準を上回っているということでございますけれども、現場確認をした結果、異常はないというような形で、前回の資料ではお示しさせていただいておりますけれども、そういう説明だけでは、なかなか理解しにくいということで、今回の地震の観測記録が S_s を上回っているのです、重点的に人の評価基準を上回った設備だけでも、今回得られている観測波による解析を実施してみたとか、そういったことも可能であれば、いろんな形で検討してもらいたいというような御指摘をいただいております。

こちらも評価基準を上回っている設備につきましては、今回の地震波、そういったものを使った上で解析をするということも検討させていただきたいと考えてございます。

福島第一・第二関係では、以上でございます、次は、少し飛びまして、12分の9ページでございます。

前回、はぎとり波を用いたシミュレーション解析について御説明させていただいております。

前回御説明した資料では、結果を中心に御説明をさせていただいたということで、その基となっているデータが余り示されていなかったということで、そういった基本となるデータ類を示していただきたいと。12分の9ページに指摘事項を幾つか書いてございますけれども、全般的に申し上げますと、そういう基礎データといったものが、ちょっと不十分なので、本当にこの結果でいいのかどうかということが、ちょっとわかりづらいということで、もう少しきちんとデータを示してほしいというような御指摘をいただいております。

こういった御指摘を踏まえまして、基本的なデータ、それから解析の条件、そういったものは、今後お示ししていきたいと考えております。

12分の10ページでございますけれども、こちらも同様な御指摘でございますけれども、前回お示した資料では、もともと女川発電所では、表層地盤が固いということで、これまでは非線形性を無視できるというような考え方でやっていたわけでございますけれども、今回の地震を踏まえて、その非線形性を踏まえて、床柔モデルにというふうな形でモデルをつくったりもしておりますので、そういった地盤モデルの考え方、済みません、床柔は建物でした。地盤の方のモデルの考え方も、表層を2つに割るというような形で前回お示しさせていただいておりますけれども、そういった表層を2つに割った形でモデルを変えると、それについてもほかにも影響するということで、その考え方については、きちんと整理していただきたいというようなコメントをいただいております。

こちらにつきましても、御指摘を踏まえて、検討させていただきたいというふうに考えてございます。

2つ目、No.8のところでございますけれども、こちらも表層地盤の方を最適化するというので、若干地盤モデルの方では、値を少しいじっておりますけれども、そちらはいじっているけれども、減衰乗数の方は、0.03 というのをそのまま使っているという形でござ

いましたので、そういった減衰乗数はそのままという考え方、そういう形で本当にいいのかというような御指摘をいただいております。こちらも御指摘を踏まえまして、ちょっと検討させていただきたいと考えてございます。

No.9 でございますけれども、こちらも 2005 年の地震の際に地盤モデルをつくって、その後、今回、3 月 11 日の地震も踏まえて、地盤モデルを変えるという形で、どんどんモデルを変えてきているわけですが、以前の 2005 年当時の考え方でありますとか、乗数でありますとか、そういったものについては、そのときどきの地震のときで考えるということはいいんだけど、変えるのであれば、どういう理由で変えるのかという理屈をきちんとすべきという御指摘をいただいております。こちらにつきましても、御指摘を踏まえて検討させていただきたいと考えてございます。

No.10 でございますけれども、同じく 6－3－1 の資料でございますけれども、観測値で評価したものと、はざとり値で評価したものが若干違うというところで、基準地震動 S_s の設定というところは、どういうふうに影響するのかと、地震・津波に関する意見聴取会の方でも検討されると思うんだけど、そういった考え方等については、検討結果を、こちらの建築物・構造に関する意見聴取会の方にもフィードバックしてほしいというような御指摘をいただいておりますので、こちらも御指摘を踏まえまして、適宜対応させていただきたいと考えてございます。

最後、12 分の 12 ページでございますけれども、東海第二発電所の地震応答解析の関係でございます。

第 4 回の方で御説明をさせていただいておりました、No.6 と No.7 の御指摘事項でございますけれども、今回、検討いたしまして、資料 7－3 として御用意しておりますので、後ほど資料 7－3 の方で御説明させていただきたいと考えてございます。

7－1 の資料につきましては、以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。これについて、何か御質問等ございますでしょうか。

福島関係は、前回の 6－2 の資料が配られていますが、評価されたものですね、それについての質疑がこの中に、先ほど説明されたところに入って、6 番、7 番とかみんなそうなんだと思いますが、それは、後でまた御説明がありますので、そのときに見ながら検討していただければと思います。

これについて、いかがでしょうか。指摘したけれども、入っていないなんていうのはないでしょうかね、また、もしあれば、付け加えていただければと思いますので、これは、こうすることで置いておいて、早速 7－2－1 「23 年度（2011 年）東北地方太平洋沖地震による原子力発電所への影響検討について」ということで、6－2 に関連したことです。「福島第一原子力発電所 追加検討評価」ということで、保安院の方から説明いただきます。お願いいたします。

○御田上席安全審査官 追加検討評価でございますけれども、今、先生から御指摘をいた

できました 2 ページでございます。

1F の 5 について説明してきたんですけれども、今度の中身は、ベント管、1F の 1 号機、2 号機、それから炉心スプレイ系の配管、これも 1F の 2 号機、それから、何回から指摘されてございますけれども、疲労評価につきましては、1F の 5 号機について追加した検討の結果でございます。

3 ページでございますけれども、まず、ベント管の耐震性評価ということで、事故時に格納容器の高圧の蒸気を減圧させる機能を持つ重要な設備のベント管の評価を実施したと、これは、今までと同じように簡易評価と詳細評価のどちらかで評価を行ったものでございます。

4 ページでございますけれども、ベント管の構造をお示ししてございます。これは、1F の 1 号機のベント管の形でございますけれども、真ん中にポンチ絵がございまして、原子炉格納容器があって、事故時にドライウェルに充満した高圧の蒸気をベント管によりサブプレッションチェンバに導いて冷却し、格納容器の圧力を低下させる目的ということで、左下に詳細な絵が描いてございますけれども、まず、ベント管があって、それからベントヘッダというのがあって、ダウンカマ、そこを通じてサブプレッションチェンバ内に蒸気が導かれると。

この 1F の 1 の一番左下、リングヘッダというのが付いてございますけれども、これは、どうも 1F1 だけ特殊だということなんですけれども、このサブプレッションチェンバからリングヘッダを介して、非常用炉心冷却系に水が流れる。形はあれなんですけれども、基本的に配管と同じようなものが、サブプレッションチェンバの外側に付いているということでございます。

5 ページでございますけれども、具体的にどんな評価を行ったかということで、ベント管とダウンカマについては、ここの右側に書いてございますようなモデル図でございまして、ここに左側の絵で時刻歴応答の入力地震動をこのモデル中に入力して、時刻歴応答解析を行って、それぞれの応力評価を行ったということでございます。

6 ページでございますけれども、6 ページが先ほど申し上げましたリングヘッダということでございます。サブプレッションチェンバの周りに、こういうようなものが付いていて、基本的に配管と同じような構造ということですので、床応答スペクトルからスペクトルモーダル解析を行って応力評価をしたということでございます。

7 ページが、1F の 2 号機でございます。1F の 2 号機については、ベント管とサブプレッションチェンバとダウンカマについての評価を行ったところでございます。

8 ページに、耐震性評価ということで、まず、サブプレッションチェンバでございまして、サブプレッションチェンバにつきましては、建屋基礎版の本震における地震荷重と設計時との震度の比を求めて、その比を設計時の計算の応力に乗ずることによって、本震の計算値とすると、応答倍率法で評価をしたということでございます。

1F の 2 号機、今度はベント管でございまして、ベント管につきましては、地震荷

重と地震以外の荷重を分けて、それで地震荷重に応力のみ応答比を乗じて地震以外の荷重の応力と組み合わせて計算値を求めるということでございます。

ちょっと若干違いますので、応答倍率法とは呼ばないで、詳細評価しているということでベント管の応力を求めたということでございます。

10 ページは、ダウンカマでございます。これは、先ほどの 1F の 1 のときと同じでございすけれども、こういうモデル図をつくって、床応答スペクトルを入れて、スペクトルモーダル解析によって応力評価を行ったということでございます。

最後が 11 ページでございます。ベント管の耐震性評価ということで、1F の 1 号機と 1F の 2 号機それぞれ計算値と評価基準値をお示ししてございます。いずれも評価基準を、計算値は下回っているということで、耐震安全性は確保できていたという評価結果が出ております。

12 ページでございます。福島第一 2 号機の炉心スプレイ系の配管ということでございます。

現在、原子炉の中枢にも炉心スプレイ系ということでございますけれども、これは、基本的に配管ということでございますので、右下に書いてございます床応答スペクトルを使って、スペクトルモーダル解析を行って評価を行ったと。

13 ページに応力評価の結果ということで計算値と評価基準値をお示ししてございますけれども、評価基準を下回っているというのが結果として出てございます。

14 ページでございます。14 ページが、疲労評価ということでございますけれども、以前お示したのは、1F の 1 号機の主蒸気配管ノズルでの評価でございましたが、あの評価結果というのは、中断している観測記録に基づいたものということでございますので、中断していない記録を使って評価したものを示すようにという御指摘を受けてございました。

15 ページでございます。15 ページに、今回の評価というか、解析の考え方でございすけれども、地中で中断していない観測記録が取れてございますので、まず、はざとり波をつくって、ここでは解放基盤波と書いてございすけれども、はざとり波をつくりまして、その地震動を入力して建屋の地震応答解析を求めて、本震の時刻歴加速度等を求めるということでございます。

16 ページに、今回疲労評価を行った給水系配管についての解析モデルでございすけれども、給水系配管の分岐部についての評価を行ったということでございます。

17 ページに疲労評価の手順ということでございすけれども、3 方向同時時刻歴応答解析を行って、地震時の繰返しピーク応力強さの時刻歴応答を求めます。

このピークが出たときの数字を用いて、設計用疲労曲線を用いて、疲れる累積係数の算定を行っております。

最終的な評価結果として、18 ページでございすけれども、疲労評価に対する、本震に対する疲れ累積係数は、ここに書いてございますように、0.00001 以下と十分小さいということで、中断していない観測記録に基づいた評価結果、本震による疲労の評価はわずか

であると考えるというものでございます。

最後、19 ページでございますけれども、今後の予定ということで、前回も議論になりましたし、今日も話題になると思いますけれども、福島第一の5号機の耐震安全上重要なすべてのSクラスの設備についての影響評価を行ったものでございます。

配管系、これは基準地震動 S_s による評価において、計算値が評価基準を上回っていた設備については、現場との照合の結果、異常がなかったことを確認しているものの、継続して検討を行うということで、後ほど原発の証拠結果の報告をさせていただきます。

今後につきましては、本震の観測記録を用いて、地震応答解析を行って、どう評価結果になるのかということの確認を行いたいと思います。また、その結果に応じては、詳細な時刻歴解析を行って評価を行っていきたいと考えております。

説明は、以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。ただいまの資料について、何か御質問、コメント等がございましたら、お願いいたします。

○久保委員 シミュレーションの結果で、こういう数字が出たということは、理解したつもりなんですけれども、ちょっと数字の確認だけをさせていただきますか、私、機械系には、若干数字の意味がわからないというのか、すべて理解しているわけではないんですけれども、11 ページに福島の第一と第二の、いわゆるベント管周りの評価をされたというわけなんですけれども、構造が違うのは、よくわかるんですね。第一、第二で出力も違うし、BWR のマーク I というのは共通だと思うんですけれども、例えば評価値を見ると、評価値はベント管なりの材料で決まるわけですね。それが、例えばダウンカマというものの評価値を見ると、第一と第二で評価値が半分くらいなんです、半分というのか、2対3くらいの関係、これは材料が違うからこれだけの数字が出るんですか、それが1つ、数字の問題として。

それから、構造的に違うのはわかるんですけれども、計算して出たときのダウンカマの、いわゆる計算値というか、算定値が10倍くらい違うと。

これは、先ほど御紹介いただいた福島第一の構造が4ページにあるように、リングヘッダや何か、こういうのが付いていて若干違うんだというので説明できるのか、格納容器の胴からベント管が出てきてサプレッションチェンバのところで貫通孔で中に入っていて、この構図は第一と第二で同じですね。その辺が、計算が出て、評価値とのオーダー的には5倍もしくは2、3倍の算定値と基準評価値の裕度というのか、違いがあるのはわかるんですけれども、出てきた数値そのものが、なぜこんなに違うのかなという素朴な疑問なんですけれども。

○御田上席安全審査官 事業者とのヒアリングを通じて、そういう考察をしながらちゃんとヒアリングを受けなければいけなかったのかもしれないんですが、私たち確認したのは、こういう解析モデルで行って、評価基準値に対してどういような数字になっているか。そういう意味でいうと、解析結果の数字が12と120、同じようなものについて、こんな

に何で違うのかというような観点で確認しておりませんので、そこを確認した上で御報告させていただきます。

それから、評価基準値については、まさに材料の規格基準値なので、あとは使用温度とか、材料の物質とかで多分変わると思いますので、そこはすぐ事実がわかると思しますので、次回に御報告させていただきます。

○西川主査 ありがとうございます。その辺の根拠のところをちょっと見ていただければと思いますが、あと、ほかにございますでしょうか。

この疲労評価のところは、計算では、非常にわずかなように見えるんですが、実際の5号機を見れば、給水系の配管は見られるわけですが、本震はそうだとすると、何回も余震もあったりしたので、その影響は何かないんですかね、疲労で、本震での疲労ということになっているんですが、実際の調査とか何かでござんになっていることはないですか。本震の後に、何回もかなり強烈な余震が来ていますね。これだけ見れば、100回来たって全然計算上は問題ないように見えるんですが、実際こういう疲労は余り問題にならないんですかね。

○御田上席安全審査官 これは、本震に対する疲れ累積係数、こういう数字ですので、例えば余震で同じことをやっても、ほとんどそういう累積係数の数字にしかならないので、解析的な評価でやっても、地震動の影響というのは余りないんじゃないかと。

14 ページ、これは、前の 1F1 のときも同じような御指摘を受けたと思っているんですが、これは主蒸気ノズルの評価なんですけれども、地震動の累積疲れ疲労係数というのは 0.0001、それに対して、地震以外の疲れ累積係数というのは、一番左側の欄に書いてございますけれども、これが、0.003 ということで、地震よりも、違うものの疲労の方が大きいということだと思います。それで、評価基準値がいずれにしろ 1 ということで、余震に対しての疲労というのは、大きなものではないんじゃないかと考えております。

○西川主査 ほかに何かございますでしょうか。

どうぞ。

○西谷委員 今のやりとりに関連してなんですけれども、西川先生の御指摘です。地震以外の疲れ累積係数というのは、主にどんな原因から出てくるんでしょうか。

現時点では、よくわかりにならないということですか。

○御田上席安全審査官 済みません。

○西谷委員 わかりました。

○西川主査 多分、主蒸気系だと中に入ったり、蒸気か何か流れていますね。そういうものでわっと振動したりするものが入っているんじゃないかと、よくわかりませんが、違いますか。

○山田原子力発電安全審査課長 小林先生の前で、お話ししてちょっと恥ずかしいんですが、通常の運転時に起動とか停止とかいたしますので、それで温度変化とかいろいろして

おりますので、通常の起動停止ですとか、トリップしたときに温度変化するとか、その辺りのものをすべて想定する年数で発生する回数を設定しておりまして、それで疲労評価をしております。ですから、その部分が該当いたします。

○西川主査 よろしいでしょうか。この後、いろいろな場合によっては詳細評価、それから観測記録の詳細評価を、時刻歴解析ですかね、場合によってはやると、場合によってはなくて、どこについてやるのか、今後の予定のところ。

○御田上席安全審査官 時刻歴解析については、この前、先生方に御説明させていただいたときに、基準地震動 S_s を使ってスペクトルモーダル解析を行って、配管系の評価をしたときに、評価基準値を超えているところがありました。

そこは、一応、現場の確認もしてきたんですけども、それだけではちょっと足りないんだらうと、やはり解析で見る必要があるんじゃないかと。

今回の配管系につきましては、今回の地震でやると、ちょっと時間が足りなかったこともあるものですから、ただ、その分についても、今回の地震を使って地震応答解析を行って、具体的に配管の計算値がどのくらいになるのかということの確認を行う。

そこで、また、その数値の余裕が少ないとなったら、そこは時刻歴解析を行って、もっと詳細な評価をすると、そういうことを考えております。

○西川主査 ありがとうございます。そういうことで、今回の地震の記録で、いろいろものによってはやって、前回のは S_s でしたので、ちょっと実際の挙動と違っていらっしゃるんですね。必ずしも合っていないので、ものによっては、それをやるということのようですが、次の7-2-2が、一応、機器・配管系で現地調査をやられた、 S_s で余裕度が少ないものについては、詳細な現地調査をやられたようですので、それを説明いただいて、もう一度場合によっては、今の問題に戻らせていただきますが、よろしいでしょうかね。

○野中原原子力安全主席分析官 それでは、建築物・構造7-2-2「福島第一原子力発電所5号機 機器・配管系に係る現場調査結果報告」につきまして、御説明をさせていただきます。

1. の実施年月日ですけれども、先週の金曜日の1月27日に行いました。

実施場所は、1Fの5号機の原子炉建屋内でございます。

3. の実施目的ですけれども、これは、前回1月20日に開催されました、第6回「建築物・構造意見聴取会」におきまして、福島第一原子力発電所5号機、機器・配管系の影響検討、追加検討でございますが、これにつきまして、私どもの方から御説明させていただきましたけれども、今回の地震の観測記録の代用としまして、基準地震動 S_s に基づいて地震応答解析を行った結果のうち7設備の計算値が評価基準値を上回っております。

また、今回、現地調査の日の1月27日ですけれども、東京電力から残留熱除去系配管サポートの1設備において、 S_s に基づいた応答解析結果が評価基準値を上回るという報告がありました。

今回の調査は、1月20日に御報告されました7設備に加えまして、新たに1設備を追

加した合計 8 設備につきまして、損傷と現場の状況を確認するために実施しました。

4. の調査実施ですが、これは、ここに書いてあるとおり、保安院の 2 名でございます。

それから、5. の調査対象設備ですけれども、1F 5 号機原子炉建屋内にあります、ここにお示ししました①から⑧の 8 設備でございます。

6. の調査結果ですけれども、調査対象の 8 設備につきまして、目視によりまして、可能な範囲で損傷の有無等、現場状況の確認を実施しました。

この結果、評価基準値を上回ったすべての箇所、8 か所におきまして、有意な損傷等は認められませんでした。

2 ページから 10 ページに写真がございますけれども、これは、9 ページの写真を除きまして、今回の現場調査で撮りました写真でございます。物理的に可能な限りで、当該設備に近づきまして、現場の状況を確認しまして写真を撮りましたが、場所が非常に狭い上に、損傷の有無等をお示しするためになるべく近くで撮影したということもあり、全体がわかりにくい写真もございますけれども、先ほど御説明しましたように、損傷等がなく、ほかに有意と考えられるものも認められませんでした。

最大評価点のところを赤い楕円で示しております。2 ページは、ノズルが残留熱除去系配管サポートで、以下、その次のページは、原子炉冷却材再循環系配管サポートということで、ちょっと橙色の、ハッチみたいになっていますけれども、これは、多分写りの関係でこうなったと思うんですけれども、基本的に、この辺も含めてよく見てきまして、一面銀色のような色をしていました。これは、ちょっと写真の写りの関係だと思います。

あと、同じような写真が続きますが、1 か所だけ御説明させてもらいたいと思っています。

8 ページですけれども、⑦の不活性ガス系配管サポートの状況図です。右側の太い円形のもの、縦方向の太い円形のものが、当該配管で、これを支持する広大の構築物が写っております。この赤い破線の楕円が最大評価点ですけれども、この写真では、その場所が見えません。見えるところまでいって、有意なものはないということを現場では確認しましたけれども、残念ながら、今回、よい写真が撮れませんでしたので、その次のページにありますけれども、これは、1 月 17 日に東京電力の方で撮影したのですが、それを掲載しております。ちょうど 8 ページの写真の裏側に当たるところの部材です。

このような写真を撮ってまいりました。

それで、11 ページから 16 ページのところですが、これは、先ほど参考資料で配付させていただいておりましたけれども、前回の意見聴取会、1 月 20 日に御説明させていただきました、その資料を基に一部加筆しております。これは、配管の評価結果の一連のものですけれども、どこを加筆したかということですが、13 ページの赤い字で示したところ、具体的には、主蒸気系配管のサポートと、それから残留熱除去系配管のサポートのところでございます。

主蒸気系のサポートの方は、ここにある数字のとおりですけれども、計算値が評価基準

値の中にありますが、残留熱除去系の配管のサポートにつきまして、計算値の方が評価基準値より大きくなっているということで、今回、現場で照合して、有意な損傷等があるかどうかということを確認してきました。

確認した結果は、先ほど申し上げとおり、そういった兆候等は見られませんでしたということでございます。

簡単ですが、説明は、以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。前回、6-2で御説明いただいたもので、計算値が評価基準値を上回っている部位について、見えるところの範囲で見てきたというところでございますが、まだ、見られていないところもあるし、見られないところもあるんでしょうけれども、見えた範囲では問題なかったと、現場照合ではそうだったということでございますが、この辺りについては、Ssですので、観測記録を用いて、先ほど御田さんがおっしゃったように、もう一度評価し直してみると、それで比べてみたいということのようですが、それでよろしいですね。

これについては、いかがでしょうか。

どうぞ。

○前田委員 先ほどもちょっとあったんですが、評価基準値というのが、そもそもどういう値で、それを超えるとどうなりそうだというものなのかということと、今の時点では、3倍くらい超えているのがありますね、それはやはり Ss と今回の地震動が違うから大丈夫だったのか、あるいは評価基準値といっているものに、そもそも安全率みたいなものがあるって、それをある程度超えてもそんなに損傷が出るものではないというものなのか、その辺りをちょっと教えてください。

○御田上席安全審査官 13 ページのところで、構造強度評価結果という表があって、評価基準値と書いてあって、※が付いているんですけども、これは、設計建設規格で、規格値があって、JAS の NC12005 に示される許容状態 D に対する許容値、これは、我々がよく使っている JEAG4601-1984 に付いている、応力状態 4AS という状態の数値を評価基準値として求めています。

基本的に、弾性設計であれば、3AS というクライテリアを使っているんですけども、今回のものについては、再開を念頭にしているというよりも、要するに壊れていなかったんだと、その機能の維持ができていのかどうかということの確認をしたいということです。なので、判定状態としては、4AS という状態を使って計算値との比較を行って、その裕度を求めておりました。ここに限らず、すべてそういうような考え方でやっております。

○前田委員 ごめんなさい、4AS というのは、どういう状態なんですか。

○御田上席安全審査官 言葉を不正確に言ってしまうとあれなんですけれども、弾性域は超えてしまうかもしれないけれども、ひずみが残ってしまうかもしれないけれども、その材料として壊れるような状態にはならないような、ちょっともう少し正確なことが、済みません、今、ちょっとないものですから。

○前田委員 材料降伏点とか、そういうのに割と近いレベルという意味ですか、もう少し低いところということなんですかね。

○御田上席安全審査官 多分、降伏点を超えるとひずみが残ってしまいますね。ひずみの残ることは許しているクライテリアだと思います。

○前田委員 そうすると、むしろ弾性の応答で出すと3倍くらい超えていたりするけれども、それは S_s を使ったからそうで、実際の観測記録とかでやると、計算値がもっと低いだろうと、そんなイメージですか。

○御田上席安全審査官 そこは、実はちょっとよくわからないところがあるんですが、ただ、今回の床応答スペクトルの比較をすると、ちょっと前回は御指摘を受けたんですけれども、今回の地震の床応答スペクトルと、 S_s の床応答スペクトルを比較すると、配管のちょうど固有周期に当たる部分が、 S_s はかなり大きいんですね。そうすると、結果的に今は、本来、今回の地震で評価すればよかったんですけれども、今回の地震では時間がすごく足りなかったこともあって、もともと S_s の検討がかなり進んでいたということもあって、かつ、 S_s でやる方が配管にとってみれば、非常に固有周期的にいうと、一番使用周期体のところで S_s が大きいということもあったものですから、厳しめの評価になるので、そういう評価をやってみたけれども、結果として評価基準値を満足しないということもあるので、では、もっと正確に、今回の地震でやったらどうなのかということを今後確認していきたいということでやっていきたいと思っております。

○西川主査 S_s と今回の地震とでどんな感じだったかというのは、前回の、今日配られている資料の8ページにスペクトルが載っていて、青が基準地震動 S_s なんです。赤いのが観測地震波ですので、今の配管系の周期の範囲がどれくらいかわかりませんが、0.1秒から0.2秒くらいのところだと、 S_s の方が倍くらい大きいんですね。上下動に至ってはもっとでかいということもあるので、その辺りを考えれば、もっと今回の地震では計算すれば落ちるかなと、どの程度落ちるか、ちょっとやってみないとわからないということです。

ほかに、どうぞ。

○久保委員 今の前田委員の御質問、私ももっともだと思えますけれども、このやり方というのが、計算上の仮定の問題なのか、入力の評価の問題なのか、それとも評価値との比較の問題なのかということで、私も同じような疑問を持つんですけれども、特に配管系の1次応力の許容値を超えているところで、現状を見ても無損傷だったと、私の考えとしては、やはり現場を見て、物が本当にどういう状態であるかというのを一時的に見るべきだと思うんですけれども、やはりかなりの部分をシミュレーションに頼らざるを得ないというときに、今後の議論のために、配管とサポートの許容評価基準というのが、どういう量で決まっているのか。多分、今の前田委員の御質問の趣旨でいくと、配管の場合は、最外円が降伏応力に達するか、それとも最外円が配管としての全層性モーメントになるかといったような、いろんな条件が決まっているので、それをちょっと共通認識したいという点もありますので、次回にでも、配管とサポートについての評価基準、3AS、4ASと言わ

れている部分を少し、御存じの方はいらっしゃると思うんですけれども、一覧でまとめていただけますかね、特にサポートの評価基準というのが、かなり物によって変わってくると思うんですけれども、JEAGの中は、一文というのか、まとめていると思うんですね。是非、それは、私も若干機械系の許容力をかじっているものですが、もう一度整理して、3ページが評価値の2倍、3倍に達しても現状は何もなかったということは、設計的な問題もあるというのは十分承知なんですけれども、評価値が一体何であったかというのは、やはり共通理解にしたいと思いますので、よろしく御検討をお願いします。

○西川主査 おっしゃるとおりで、設計のときでも4ASなんか使ったりしていて、バックチェックのときに出てきていたものですから、その辺を少し整理していただいて、評価値と、実際の猶予値と、その辺がわかるようにしていただければ、何ともなっていませんと言われてもわかるんですが、数字だけ見ると、よくわからないということのようです。お願いいたします。

ほかに、これに関してございますでしょうか。

そうしますと、また、次回にでも、そういうところを見ながら評価基準値を超えているところが、どういう意味があるのかという辺りについて議論させていただければと思いますので、次に進まさせていただきたいと思います。よろしいでしょうか。

それでは、ありがとうございました。

続きまして、7-3ですけれども、日本原子力発電の東海第二発電所のはぎり波を用いたシミュレーション解析結果（水平・鉛直）ということですが、これについて、保安院から説明していただきます。よろしくお願いします。

○小畑安全審査官 それでは、建築物・構造7-3の資料です。

この東海第二発電所のはぎり波を用いたシミュレーション解析結果につきましては、第4回のときに水平について報告しました。先ほど、7-1の資料で、そのときにいただいたコメントを幾つか回答するという事で、本資料に示しておりますが、いわゆるコメント回答という形を取っておりませんで、水平の部分については、補足説明的なもので補った形を取っております。

今回、鉛直については新たに検討した結果を合わせて示しておりますので、資料に沿って説明したいと思います。

まず、表紙をめくっていただきますと、目次がありますが、1の部分と2の部分は、既に報告している部分です。

3のはぎり波を用いたシミュレーション解析の鉛直というのが、今回、新たに計算した結果ということですが、2の水平方向に対するシミュレーション結果の中で指摘いただいたことを補うために、2の中には、それを補足説明する資料も入れてありますし、併せて、現状をうまく説明するための補助資料として、別添の資料を用意しております。

1つ目は、3次元のFEMによる床応答の確認ということで、東海第二発電所については、3次元のFEMモデルを使った検討を行っておりますので、その結果を示しております。

す。

それから、別添の2は、設計時との対応ということで、何度か紹介しておりますように、今回の3.11の地震を受けた応答の状態というのは、初期の工認設計に用いた地震動に比べまして、弾性設計用の地震動ですけれども、それよりも小さな地震動だったということで、建物、設備等には全く健全性において問題ないということで、それを示しているのが、別添の2です。これは、既報のものです。

それから、別添3というのが、今回の現象を説明するために新たに整理したもので、本震と最大余震の比較ということで、同じ3月11日の午後3時15分にとれた余震の記録がありまして、そのときの建屋各部の応答スペクトルを本震の結果と比較して、考察を加えているものです。

それでは、ページに沿って説明させていただきます。

3ページ、4ページは、場所、それから地震の確認をしていただければと思います。

5ページが、地盤系の地震観測点の地盤の概要ということで、東海第二発電所の場合は、解放基盤表面がELで-370mという、既往の原子力発電所の中では、一番深い解放基盤表面に相当するかと思います。ここで基準地震動を設定しておりますので、基準地震動が建屋に入ってくるときの地盤の伝播というのが一番大きな問題になるのということで、この後の資料をごらんいただければと思います。

6ページが地震計の設置位置ということですが、ちょっと図に方位を書いておりませんが、通常の建築図面と同じように、上が北ということで、北といっても、この場合は、プラントノースということで御確認いただければと思います。

併せて、この図でちょっと確認させていただきますと、左上に6階の平面図が示されております。プール壁が南北方向に入っていて、EW方向がちょうどプール壁の剛性が効かない方向といえますか、そこにRB04という地震計が設置されております。ここで取れた水平方向の記録というのが、先生方からも幾つかコメントをいただいておりますように、問題になっておりますので、この位置関係を御記憶いただければと思います。

7ページ、8ページは、東海第二発電所でちょっと特殊な検討を、今回の地震について行っているということで思い出していただきたいのは、いわゆるワンフロアおきにとれている地震計の記録で、変位モードを仮定して、線形補間によって、それぞれのフロアの変位ですと、加速度を算定しているということで、これが他のプラントのようなバックチェックモデルで得られているモデルを使ってシミュレーション解析をやっているというところと、大きな違いでしたけれども、その後、このプラントについても、いわゆるバックチェックモデル、それから、それを詳細に置き換えたモデルによってシミュレーション解析を行っておりますので、それが、次の9ページから紹介されているものです。

9ページがバックチェックで扱った一本棒のモデルで、先ほど申しましたように、解放基盤表面というのは、地盤の絵があるところの-370mに入力したときの建屋の応答を評価するということで、基本的には、設計で用いているのと、全く同じ概念で、まず、今回

取れた地震記録のはぎとり波を用いて、そのシミュレーションを行っているということです。

これについては、前回、女川についても、水平についての報告をされたと思いますが、それと全く同じような概念で、東海第二については、水平と鉛直をやっているということです。

10 ページは、床柔性を考慮したモデルということで、説明は省略します。

11 ページからが、地盤のシミュレーション解析結果ということで、ここで NS 方向と EW 方向の、地盤の波動伝播解析を行っているんですが、ここで、まず、13 ページの EW 方向をごらんになっていただきますと、左側に解放基盤表面から順次上の観測点の E+F の観測記録と、はぎとり波を入力した結果の比較をしておりますが、赤が解析結果で、黒い破線が観測結果なんですけれども、非常に EW 方向についてはフィッティングがいいということが確認いただけるかと思いますが、11 ページに戻っていただいて、NS 方向をごらんいただきますと、西川先生からも御指摘をいただきました、加速度応答スペクトルの真ん中の部分の G.L.-200m のところで、0.1 秒辺りのところの解析でピークになっている部分が、観測ではドロップしていると、この辺りの差がどういうものに起因するかということで、ちょっと分析した結果が、次の 12 ページになります。

12 ページは、右の方に伝達関数を記載しておりますが、-380m という解放基盤表面相当から-200m のところの伝達関数を取っているんですけれども、この 0.1 秒辺りというのは、横軸振動数の 10Hz 辺りのところなんです、この辺りが、やはり解析値の赤と観測記録の黒いところ、これは、凡例では点線になっていますが、プロットしているのは実線になっていきますので、ちょっと御修正いただきたいんですが、実際の観測記録とちょっと乖離が見られているということで、この辺りは、もともと地盤モデルをつくるに当たって、NS と EW の平均的な特性を表わすということで、NS については、ちょっと無理があったのかもしれません。EW の方は、合いが非常にいいので、NS についてのフィッティングがよなくて、それがそのまま加速度応答スペクトルに出てきたんじゃないかと推測しております。

もう一つ、ほとんど差はないんですが、NS 方向の方が EW 方向に比べて若干表層部分のせん断剛性低下率、具体的には、11 ページの右の表をごらんになっていただければわかるんですけれども、0.6 から 0.8 くらいに剛性低下が見られるのが、ほんの少しの差ですけども、13 ページの EW 方向では、これが 0.7 から 0.8 ということで、若干 NS 方向に大きく揺られているというのがわかるかと思います。

併せて、SHAKE でやったときの加速度の最大値のプロットをごらんになっていただきますと、11 ページの中ほどの上の図にありますように、加速度の分布が、ちょっと表層の部分でイレギュラーな曲線といいますか、線になっているのがごらんいただけるかと思います。最大加速度も表層で EW 方向が 480Gal に対して、NS 方向が 560Gal ということで、ちょっと NS が揺られているような特性が見られるんですけれども、13 ページの EW 方向

のシミュレーション解析結果をごらんになっていただきますと、これくらいフィッティングしていれば、軟質岩盤におけるシミュレーションとしては十分ではないかと推察しております。

14 ページ目からが、建屋の最大応答加速度分布でして、この辺りは、既に報告しておりますので、スキップさせていただきます。

18 ページに解析結果と補間による評価の比較ということで、床応答スペクトルを表示しております。ここで、また御指摘いただいたコメントとしては、左上の NS-6F というところの応答スペクトルをごらんになっていただきたいんですが、1 つは、0.1 秒よりも短周期のところに、観測結果で、ちょっとしたピークが見られる、これが解析の方では見られないというところ。

それから、0.5 秒辺りのところのピークが解析値がかなり大きくて、観測値はそんなに大きくないので、安全側だというような説明を、私はしたんですけども、安全側といいながら、この辺りの乖離についての現象としての説明が必要なんではないかというような御指摘をいただいております。

次の 19 ページに、今度は EW 方向の解析結果、補間による評価の比較ということで、これも観測値との比較ということでは、EW-6F というところをごらんいただきますと、やはり 0.1 秒辺りの短周期のところで、観測値が解析値を少し上回っているところがあります。

これについては、藤田先生から、機器にとって重要なものがあれば、こういったスペクトルの乖離というのも問題ではないかという御指摘をいただいております。

これにつきましては、EW の 6F だけではなくて、その右の 4 階の部分、EW の 4F の部分においても、やはり観測値が解析値を上回っております。これについての考察は、また、後ほど紹介いたします。

次の 20 ページに、6 階の床応答スペクトルということで、まず、0.5 秒辺りの解析値のピークが何を表わしているかということ NS、EW で比較しております。

まず、NS 方向ですけれども、1 次モード、地盤と建屋の連成系の 1 次モードが NS、EW とほぼ近接している 0.5 秒付近ということで、この辺りがどうしても解析の上では、減衰も安全側に評価をしていたり、相互作用バネも安全側の評価をしているということで、ちょっと強調されて出ているのではないかというふうに考えられます。

それに対して、次の NS の 4 次モード、EW の 4 次モードなんですけれども、0.1 秒をちょっと切った 0.094 秒とか 0.097 秒というのは、実は、6 階の部分というのは、節になってあまり揺れない部分で、同時に刺激係数も非常に小さいんですけれども、この辺りに観測値で大きく出ている部分が解析では追えなかったというのは、逆に解析の方では節になっているために、入力に対しての応答の増幅が見られないということなんですけれども、これについても、まだ、後ほど考察した結果を報告いたします。

次の 21 ページからが、シミュレーション解析のうちの鉛直方向の結果ということで、

これについては、今回が初めての紹介になりますが、まず、22 ページには、地中の加速度ということで、これも水平と同じように、波動伝播解析で鉛直方向に対する応答の解析をやっております。

入力は、そこにありますように、一番下の解放基盤表面に 2 E で入れたときのそれぞれの応答を、加速度応答スペクトルと、加速度最大値で示しておりますが、観測値では、表層の一番上、地上部分で、四角の黒でプロットしてありますけれども、これが 911Gal ということで、この辺りは、どうしてもこういった解析の方では追えない部分ですけれども、それ以外の部分については、ほぼ観測値を安全側に評価しているモデルになっているのではないかと考えております。

一方で、軸方向のひずみですが、先ほど水平方向ですと、大体 10 の - 4 乗から 10 の - 3 乗くらいのせん断ひずみが出ていますけれども、こちらのはぎとり波の最大ひずみも、軸ひずみは、10 の - 5 乗から - 4 乗のオーダーということで、ほとんど線形の域を抜けていないようなオーダーになっております。

次の 23 ページは、22 ページに紹介しております解析と観測値と、ちょっと乖離している部分です。0.3 秒と 0.6 秒辺りの解析値のピークの部分を考察するために、水平方向と同じように伝達関数で比較しております。

これも 0.3 秒くらいに相当する 3 Hz、伝達関数ですと、振動数で書いておりますので、3.3Hz の部分と、6 Hz 前後のところで解析値であります赤い線の方がピークになっているのが、黒の観測結果では、明瞭なピークが見られないということで、この辺りの差が応答スペクトルにも出ているのではないかと考えています。

ただ、短周期側、アップダウンですと、どうしても 0.1 秒よりも短周期になるんですけれども、0.1 秒より短周期の部分については、ほぼ上層階の方もうまくシミュレーションできているのではないかと考えております。

この結果を用いて、建屋の鉛直方向のシミュレーションを行った結果が、次の 25 ページ、26 ページに示しております。

まず、25 ページは、最大応答加速度分布ということで、これは鉛直方向ですから、軸力の評価に用いられる数字になります。安全側にシミュレーションできているというのがわかりいただけるかと思います。

26 ページの床応答スペクトルについても、ほぼ安全側に、しかも割とフィッティングよくシミュレーションできているかと思います。

先ほど申しました 0.3 秒、0.6 秒のところのピークは、入力動による影響がそのまま上の階まで出ているというのがわかりいただけるかと思います。

次の 27 ページに、鉛直方向についての床応答スペクトルのピークに当たる部分の考察を行っておりますが、まず、0.3 秒辺りのピーク、これは、固有モードでいいますと、2 次モードに相当する建屋の 1 次、建屋の軸方向縮みの 1 次に相当するんですが、これが 0.329 秒なので、この辺りのピークが出ているのではないかとということ。それから、一番

右側に建屋の2次モードが0.067秒で書いてありますが、これが左側のスペクトルでいきますと、0.6秒辺りに出ているピークということで、ほぼ建屋全体の鉛直方向の振動の1次、2次モードはとらえているような評価結果になっているかと思います。

28ページは、それをまとめたものですが、詳細な説明は省略いたします。

次の別添の資料が30ページから続いておりますが、まず、3次元のFEMモデルによる結果ということで、31ページに建屋を3次元に置き換えたモデルが記されておりますが、6階のところにちょうど、先ほど紹介しましたRB04という地震計が設置されている位置が記されております。

これは、NS方向ではウェブとして効いてくる部分ですので、それほど影響はないんですが、EW方向、横方向については、フランジ側に相当しますので、はらみ出しの影響があるのではないかとということで、前に御質問いただいたときの回答として、上部の部分の面外振動による影響がこういうところに影響を及ぼしているのではないかとというような回答をしましたが、実は、これの検証をやっていたつもりだったんですけれども、結果を先にごらんいただきますと、35ページをお開けいただけますでしょうか。

35ページに、この6階の壁の位置の平面位置の違いによる応答の比較というのを記しております。右側にモード図を書いてありますが、これが、面外振動が卓越する9.61Hzということで、0.1秒近傍のところなんですけれども、刺激係数は、非常に小さいんですけれども、こういったモードによる影響は出ているのかなと思って、実際に検討した、伝達関数で示しているんですけれども、それが左下、これは入力に対する伝達関数ということで示しておりますが、絶対的な数字はともかく、ちょうど8Hzのところにピークがありまして、それがそれぞれ上の平面図に記されている節点番号の比較で伝達関数を示しておりますが、4倍くらいの伝達関数を示すのが、ウェブ近くの接点でして、8倍くらいの伝達関数を示すのが、フランジ、上の図ですと、EW方向の面外振動が特に大きい部分ということで、倍くらいの応答の伝達関数の違いがあります。

ただ、この結果を見ても、33ページに戻っていただきますと、33ページの先ほど藤田先生から御指摘いただいた後、紹介しました、0.1秒、10Hz近辺の観測値の大きなものに対して、解析値で3次元のFEMモデルですとか、床柔モデルでやったものの結果の差というのは、そんなに大きく出ていないんですね。

その下に4階のEW方向というのが記載されておりますが、これの0.1秒のところに、若干3次元のFEMモデルによるピークが出ている程度で、それほど大きなものではない。

だから、当初、私が回答しました、面外振動によるものの影響というのは、そんなに大きくはなかったのではないかと、結果としてはわかってまいりました。

次の36ページからが別添2ですが、こちらについては、以前に説明したものの、そのものですので、割愛いたします。

次の42ページに、別添3ということで、本震と最大余震の比較というのがあります。

次の43ページに、本震は14時46分の地震ですが、15時15分に余震が起こっ

ております。この余震といっても、モーメントマグニチュード 7.7 ですから、通常の検討用地震に相当するくらいの規模の地震だと思いますけれども、44 ページに、そのときの建屋の観測点における応答加速度というのを表で示しております。

大きなとらえ方をしてほしいんですが、本震で、例えば B2 階で 200Gal くらいあったものが、その 3 分の 1 から 4 分の 1、NS、EW、64Gal とか 76Gal と、こういう比較的本震に比べたら小さな地震になりますけれども、次の 45 ページをごらんになっていただきますと、これからが、先生方からいただいたコメントに対する回答を、このページに全部集約しているつもりなんですが、文章が全くなくて恐縮ですが、まず、左上の NS-6F のところの赤い線が本震の観測記録で、青い線が余震の観測記録なんですけれども、0.1 秒よりちょっと短いところの本震で得られたピークというのが、余震では全然見られていないんですね。

それは、下の方にずっとたどっていただきますと、下の階にいても、この部分のピークというのは、ほとんど出ていないんです。

したがって、この 0.1 秒より短周期の NS 方向については、この本震だけで得られた記録だというのがわかります。

次の EW 方向でもそうなんですけれども、ブルーの線だとほとんど増幅していない部分が 6 階でちょっと強調されたような形で 0.1 秒辺りのところのピークが見られます。これも本震の特徴的な応答の記録だというのがわかります。

一番右の鉛直動につきましても、0.3 秒辺りのピークというのは、本震ではシャープなピークになっておりますけれども、青い線の余震の方では、あまり出てきていないということで、今回、本震の観測値をいろいろモデル化を行って見たんですけれども、実は、この部分については、ちょっと本震による記録にも特殊性があったんじゃないかと、特殊性の 1 つの要因としては、地盤、特に表層部分のひずみが大きくなって、はぎとり波に置き換えるときに、その部分の応答特性が十分に評価できていなかったんじゃないかと考察しております。

本来であれば、最大余震記録を倍数したもので、本震記録がうまく説明できれば、相似性があったと見られるんですけれども、少なくとも、先生方からコメントいただいた応答スペクトルの違いのところを考察すると、いずれも余震では出ていないので、余震のシミュレーション解析をやったときには、今回設定したモデルである程度短周期から長周期にわたって、ヒッティングできるようなモデルになっているんじゃないかと考察しております。

説明は、以上です。

○西川主査 ありがとうございます。なかなか本震と、今のを比べると挙動が違うので興味がある結果にはなりますけれども、何か御質問はございますでしょうか。

どうぞ。

○林委員 本震の短周期が特性じゃないかということなんですけれども、ちょっとよくわ

からなくて、33 ページの応答スペクトルを見せていただくと、B2F のところで、これは、本震ですね。それで、入力がそれほど大きいのかなというのが、ちょっと明瞭に見えないようにも思うんですね。ですから、入力として大きかったのであれば、B2F にも大きいのではないのかなというのが 1 つ。

それから、4F とか 6F の方に行くと、明らかに増幅しているように見えますね。そういうふうに見ると、最初、面外振動とか、そういう振動系がやはりあったのではないかと言われたことにも、やはり一理あるような気もするんですね。

そのときに、だから、まだ、表層地盤の非線形性とか、入力にしわ寄せして結論づけるには、ちょっと時期尚早なのではないかというのが思う点。

それと、建物を FEM でモデル化をするときに、ここのモデル化というのが、例えば 10Hz のモデル化が、どの程度ちゃんと表現できるような FEM のモデルになっているのかというところの考察がちょっと必要なのかなと私は思いました。

というのは、やはり、この辺のメッシュ分割の影響とか、減衰をどういうふうに設定したのかによって、ピークの出方は違いますね。

そうすると、その減衰定数の設定の仕方によって増幅の仕方も違うわけでしょうし、その応答解析の結果というのは、減衰 1 つでやはり違ってくるので、その辺がもう少し説明があって、結論づけられた方がいいように思いました。

○小畑安全審査官 ありがとうございます。まず、EW 方向の増幅特性、さっき御指摘いただいた 33 ページの部分なんですけど、これは B2F の応答スペクトルが全体的に小さいので、わかりにくいかもしれませんが、よく見てみると、やはり 0.09 秒辺りの部分というのは、ここでも 1.3 倍くらいの値になっているんですね。

ですから、やはりこの辺りが増幅していることは否めないんじゃないかという気はしています。

NS 方向も同様に、0.09 秒の辺りというのは、B2F にも出ているんですね。ただ、林先生が御指摘くださったように、FEM モデルですと、メッシュを際限なく細かくはできませんので、ワンフロアを一応 3 分割から 4 分割しておりますので、2 次モードに相当するモードは表現できているので、それが 10Hz から 15Hz くらいまではトレースできるようなモデル化を行っております。

ただ、質点系に比べますと、そういったものの感度というのは鈍くなりますし、それから、特にオペフロから上の面外振動に寄与する立ち上がり壁なんかのモデル化というのにも偏心しているものを、偏心を無視したりというようなモデル化をしているために、上の方の剛性というのは十分に近似できているかどうかというのは、疑問も残ります。

したがって、剛性がそうですから、減衰についても十分近似できているかどうか、不十分なところはあるかと思えますけれども、マクロとして見たときに、たまたまといったら語弊があるかもしれませんが、余震と比較したときに、さっき説明したように、顕著に出てきているので、これは、表層の非線形性の影響をもう少し詳細に検討しなければ

いけないなというような気持ちが起こったんですけれども、実は、表層の非線形性を考慮したはざとり解析というのは難しいんですね。それで、もう3回ほど前になると思いますけれども、はざとり解析を行うに当たって、この事業者は、まず、最適地盤モデルを中小地震に基づいて設定したモデルを、今回の地震用に修正しているんですね。その修正している部分の影響が、やはり地震動としての評価は妥当だったけれども、詳細な部分や局所的な応答については、それをならしたような地震動になっているのではないかという気がしておりますので、その辺りは分析しますとお約束できないくらい、ちょっと難しいところだと思いますので、もう少し考察だけ加えさせてください。

○藤田委員 よろしいですか。

○西川主査 どうぞ。

○藤田委員 0.1 秒近傍だけではなく、むしろモデルと観測結果の差異が大きいのは 0.4 秒辺りの方がどんどん大きいわけですね。この解析結果を見ますと、やはり林先生も御指摘の、増幅していますね、順番に、この振動数で、ということは、現実には解析モデルに、ここにモードがあるわけでしょう。実際は見られない。はざとり波の問題も専ら議論がいますけれども、むしろはざとり波そのものよりは、やはり建物モデルに実際には合わないものになっていると考えるべきなんじゃないでしょうか。

ですから、はざとり波の問題よりは、むしろやはり建物モデル、これは、どうも FEM にしてもほとんど同じですね。詳細解析した結果が出ていないんですけれども、その辺をもう一度議論しないといけないのではないかと思います。建物モデルが余りにも合わない過ぎるという印象を受けますけれども。

○小畑安全審査官 今回の御指摘を実は待っていたんですけれども、最大余震観測記録を、今回のモデルを使ってシミュレーションをやれば、今の藤田先生の御指摘に対して、モデル化がほぼ妥当であるというのは確認できると思いますので、ちょっと最大余震観測記録に対するシミュレーションを、今のモデルを使って、どれくらいトレースできるかというのを、ちょっとチャレンジしてみたいと思います。

それから、先生が御指摘されたもう一点で、先ほど私、説明の中でうっかり忘れてしまったのがありまして、それは周期軸で 0.5 秒からちょっと長いところ、赤い線ですと、何かピークが見られている、0.7 秒辺りにピークが見られているのが、余震の方の記録では 0.5 秒くらいのところ、それから 0.3 秒くらいのところにピークがあるかと思います。

この違いというのは、考察すると、やはり大きな地震で長周期側にシフトしているのではないかなというような見方ができるんですけれども、実は、長周期側にシフトするほど、この建物については、大きな地震ではなかったんですね。最初に説明しましたように、弾性範囲に収まっていて、建屋が塑性化するような場合でもないので、ただ、表層地盤が、先ほどの説明でも申しましたように、 10^{-4} 乗から 10^{-3} 乗くらいのひずみになっておりますので、これはもう明らかに表層地盤は非線形化しているのではないかというところがありますので、そういったところを確認するために、ちょっと余震記録を用いたシ

ミュレーションを事業者にやらせてみたいと思います。

いずれにしても、この記録を見る限りは、建屋については全く損傷がないので、あとは、フィッティングがどのくらいできるか、ということだと思いますけれども、今までのシミュレーション解析というのは、実は前にも申しましたように、この建屋でいいますと、地下2階の応答加速度記録をそのまま入力して、合っている、合っていないというような議論をしていたわけですね。それは、建屋の伝達関数さえ正確に押さえておけば全然問題ないわけですし、それは、実際の耐震設計に使っているような解放基盤表面に基準地震動2Eを入力して、なおかつ300mくらいの地盤を伝播した波として建屋に入ってきたときにどうなるかというのを検証できている例というのは、そんなになかったかと思うので、その辺りで合わない部分というのは、設計では安全側に見ているからいいんだというくらいの片づけ方をせざるを得ないのではないかと、私は考えております。

ただ、先生に御指摘いただいたように、特徴的な差が見られるので、それは、先ほど申しましたように、余震記録を使ったシミュレーションをやった上で整合性といいますか、照合してみたいと思います。よろしいでしょうか。

○西川主査 シミュレーションですので、設計と直接結び付くのは妙なんだけれども、せっかく3Dでいろいろモードを出していらっしゃるので、今、10Hzくらいのモードで壁の面外だという話をされましたけれども、もう少し細かく、今、3Hzとかその辺り、建屋の方でずっと反応しているように見えるんです。下は、ほとんどないですね。その辺のモードもちょっと細かく見たらいいんじゃないでしょうかね。そうすれば、そういうような揺れるような要素があるのかというのがわかると思いますし、表層地盤の非線形性というのはとても難しいので、それをどうやって考えるかというのは、難しいと思いますけれども。

○小畑安全審査官 では、もう少し建屋の応答の方を中心に分析してみたいと思います。

○西川主査 そうですね。非線形性をあまり気にしない、やめようというのであれば、余震でもいいんですね。

○小畑安全審査官 わかりました。ちょっと検討してみます。

○西川主査 そうですね。お願いしたいと思います。

ほかにございますか、もうちょっといろいろ見ていただいて、多分モデル化の辺も何かあるかもしれないですね。

ありがとうございます。それでは、次に進ませていただきます。今日の7-4ですね。これは、最後になりますけれども、中間報告のまとめになりますので、これを少し議論していただければと思いますけれども「平成23年東北地方太平洋沖地震による福島第一及び第二原子力発電所の原子炉建屋等への影響・評価について～中間取まとめ（素案）～」についてということです。保安院の方から御説明を願います。

○御田上席安全審査官 それでは、中間とりまとめの素案ということで御説明させていただきます。

最初に1ページの「はじめに」というところですが、第2パラグラフからですが、今回の地震による福島第一、第二原子力発電所の耐震安全上重要な施設・機器への影響について、地震時、地震直後の安全機能が保持できる状態にあったかどうかの検討をしたと。

検討に当たりましては、既往の耐震安全性評価モデルを用いた地震応答解析評価、それから1F5号機につきましては、現地調査も行って影響の有無を確認しました。

また、1Fにつきましては、水素爆発火災等により損傷しているプラントがあるということで、今後発生する可能性のある地震に対して、現状の建屋が、安全性の確保、耐震性があるかを、損傷状況が反映したモデルを用いての検討を行ったと。

これらの検討に当たりましては、意見聴取会を設置いたしまして、専門家の意見を聞きながら検討を進めてまいったものでございます。

2ページ、評価結果ということでございますけれども、まず、検討方針ということでございますが、検討の対象の施設としては、原子炉建屋、原子炉建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管、タービン建屋、タービン建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管系を検討の対象にしたということでございます。

原子炉建屋につきましては、評価といたしましては、解析結果の耐震壁のせん断ひずみと機能維持限界値の確認を行うと。

それから、耐震安全上重要な機器・配管につきましては、第一段階につきましては、基礎版上で得られた地震観測記録を用いて得られた応答荷重や応答加速度、地震荷重、それと基準地震動 S_s を用いた地震応答解析で得られた地震荷重との関係を確認すると。

基準地震動 S_s の用いた地震応答解析で得られた地震荷重等を下回る、今回の地震解析を下回る場合は、耐震バックチェック中間報告で基準地震動 S_s に対してその設備の安全機能が維持されたことを確認しておりますので、評価はここで終わります。

3ページです。2段階として、基礎版上の地震応答解析を用いた地震応答解析結果で得られた地震荷重等が、基準地震動 S_s による地震荷重等を上回る場合、この場合につきまして、その地震荷重等に関連した安全上重要な機能を有する主要設備を選定して耐震評価を実施するというところでございます。

基本的に、 S_s でスクリーニングをかけて、 S_s が大きければ終わりと、 S_s よりも荷重が大きければ耐震性評価を行うということでございます。

タービン建屋でございます。これも原子炉建屋と同じでございます、タービン建屋につきましては、耐震安全上重要な機器・配管系が設置されているということで、その部位を機能維持部位としての影響評価を行う。評価に当たりましては、機能維持部位のせん断ひずみと機能限界値との関係を確認するというところでございます。

5番目、タービン建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管系でございますけれども、タービン建屋につきましては、地震による外部電源喪失直後の電源設備として機能した非常用ディーゼル機関及びその関連設備の耐震安全性の評価を行ったものでございます。

検討条件でございます。1)といたしまして、原子炉建屋、基本的には耐震バックチェックと同様の評価条件で行ったということでございます。

ただ、1Fにつきましては、定期検査等いろいろございましたので、そういうような状況に応じて、解析モデルには反映させてございます。

地震応答解析につきましては、耐震壁の水平方向の応答が塑性域であった場合には、弾塑性解析を行ってございました。

4 ページの下の方でございますけれども、原子炉建屋に設置させる耐震安全上重要な機器・配管系、これにつきましても、耐震バックチェックと同様の解析モデルを行ったと。また、定検等の状態は反映させたということでございます。

5 ページでございますけれども、影響評価の方法ということでございますけれども、先ほど申し上げましたことと同じように、耐震バックチェックにおいて、算定されました基準地震動 S_s と、今回地震の地震応答解析の地震荷重の比較をまず行っております。

比較する地震荷重ということでございますけれども、それぞれの設備ごとに指標を設けてございます。5 ページ下から書いてございますけれども、残留熱除去系であれば、設置床レベルの震度や床応答スペクトル、原子炉冷却圧力バウンダリ等につきましては、原子炉遮蔽壁の床応答スペクトル、原子炉圧力容器、格納容器であれば、せん断力、モーメント、軸力と、そういうようにそれぞれの設備ごとに主要な評価項目を選定して実施する。

第二段階ということで、今回の地震応答解析結果で得られた地震荷重が耐震バックチェックの地震荷重を上回る場合は、先ほどの指標に関連した設備について耐震安全性評価を行う。

第二段階としては、バックチェックと同様、実績ある指標に基づいてそれらの設備の応力値を計算し、評価基準値と比較すると。

評価基準値につきましては、先ほど御説明というか、お話しさせていただきましたけれども、強度評価では、許容応力状態のIVAS を許容値とすると。制御棒挿入性につきましては、これも既往の評価を用いてございます相対変位 40mm を使うということでございます。

タービン建屋につきましても、同じく耐震バックチェックと同様な手法で行うと。地震応答解析につきましても、水平方向の応答が塑性域であった場合には、弾塑性解析を行う。

それから、6 ページの一番下でございますけれども、タービン建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管系でございますけれども、非常用ディーゼル機関及び関連設備の耐震安全性評価を行うということでございます。評価基準値については同じくIVAS を使うということでございます。

ここからは、各号機の評価結果でございます。まず、1F の 1 号機でございます。評価結果全部、同じような書きぶりになってございますので、一応、1F の 1 号機だけ例示で説明させていただいて、あとは、お手元の別の報告の方で説明させていただきます。

1 号機につきましてはの原子炉建屋の影響評価。結論といたしましては、当院は、原子炉

建屋の影響評価について、以下のとおり確認し、原子炉建屋が地震時及び地震直後において、要求される安全機能、放射性物質を閉じ込める機能、安全上重要な機器・配管系を間接斜支持する機能等を保持できる状態にあったと推定したと。

地震応答解析の結果、耐震壁のせん断ひずみの最大値が 0.13 かける 10 のマイナス 3 乗で評価基準値以下と。

それから、NS、EW 方向のすべての階においてせん断スケルトン曲線上の最大応答値は第一折れ点を下回り弾性範囲の応答にあったということでございます。

(2) で原子炉建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管系についてでございますけれども、これらについても要求される安全機能を保持できる状態にあったと推定したと。

第一段階の比較検討ということでございますけれども、基準地震動 S_s を用いて計算された地震荷重等を超えた指標というのが、ここに書いてございます 3 つの指標が S_s を超えたということでございます。

第二段階は、耐震安全性評価を実施した結果、安全上重要な機能を有する主要な設備のうち、超過した指標に関連した設備ということで、炉心支持構造物と、8 ページの上の方に書いてある施設がこれでございます。これらについては、耐震性評価を実施して、すべて計算値が評価基準値を下回ることを確認したと。制御棒挿入性についても評価基準値を下回ったということでございます。

それから、動的のポンプとして、非常用炉心ポンプとして、原子炉停止時冷却系ポンプ等がありますが、これらの設置場所である、原子炉地下階における、本震における最大応答加速度が、基準地震動 S_s に対する応答加速度を下回っていること、また、ポンプの種類、機種に応じた機能別確認加速度に対して余裕があったということを確認してございます。

(3) としてタービン建屋の影響評価でございますけれども、タービン建屋につきましても、機能維持部位のせん断ひずみの最大値が 0.11 かける 10 のマイナス 3 乗と、それからスケルトン曲線上の最大応答値につきましても、第一折れ点を下回っていたということでございます。

4 ページが、タービン建屋に設置される耐震安全上、重要な機器・配管系ということで、これらにつきましても、先ほどのディーゼル機関、それから燃料サービスタンク、始動空気槽、ディーゼル発電機については耐震性評価を行って、計算値は評価基準を下回っているということを確認したということでございます。

今、1 号機の説明をさせていただきましたが、今日、別紙で先生方のお手元に別紙 1 ということで、ちょっと厚い参考図集みたいなものを付けてございます。これは、今回、報告書の後ろに付けたいと思っているんですけれども、これが、今、御説明したことをそのまま書いているものでございまして、最初のページが解析に用いたモデル図、それから、最初のページにスケルトンカーブですか、これを見ると、すべて第一折れ点の中に入っていると、南北方向、東西方向でございます。

2 ページでございますけれども、これが、耐震安全上重要な機器・配管系の影響評価結果ということで、それぞれの地震荷重がどのくらいになっていたかと、Ss でどのくらいで、シミュレーションでどのくらいになっていたかということでございます。

1 号機について見ていただきますと、基準地震動 Ss よりも、シミュレーション結果の荷重が大きく、大きいところも、小さいのがありますが、一般的に大きい、ただ、これに基づいて耐震性評価を行った結果が、一番右の欄でございますけれども、計算値と評価基準値を見ていただければ、すべて評価基準値を上回るものではなかったと。

下の方が、配管の解析に使います床応答スペクトルですけれども、これを見ていただくと、Ss と今回地震、どちらがどっちというか、逆転をしているところもあるんですが、これに基づいてスペクトルモーダル解析を行った結果の評価値が右側に書いてございますけれども、評価基準値を満足しているということでございます。

以下、同じでございます。2 号機につきましては、図の 3、5 階で一部、第一折れ点を超えているところがございまして、全体的には第一折れ点以下でございます。

4 ページが、1F 2 号機の重要な配管系の影響評価でございますけれども、シミュレーション結果で大きいところがございまして、耐震性評価の最終的な評価結果と比較すれば、評価基準値を満足する、超えるものはない。

5 ページが、別紙 3 でございますけれども、これは 1F 3 号機の結果でございます。

6 ページが配管の結果でございます。これもシミュレーションの数字が若干大きいところがございまして、耐震安全性評価結果では問題なかった。

1F の 4 号機が 7 ページ、8 ページに同じくシミュレーション解析。

この 8 ページのところを見ていただきますと、上の方、原子炉压力容器基部、ここを見ていただきますと、シミュレーションと Ss の評価を比較すると、基準地震動 Ss の地震荷重の方が大きかったということでございますので、Ss については、既にバックチェックの中で耐震安全性も既に確認しているということです、今回地震の荷重が小さいものについては評価をしないということでございます。

9 ページ、10 ページが 1F の 5 号機、11 ページ、12 ページが 1F の 6 号機、この 1F の 6 号機から 2F の 1 から 4 につきましては、そもそも今回地震の方が Ss よりも小さいということで、詳細な評価をする前に、地震荷重の比較の段階で Ss の方が大きいということで、今回の地震では問題なかったという評価をしてございます。

このことがずっと本文で書いてありますので、ここはずっと飛ばしまして、23 ページでございます。

23 ページの中断以降でございますけれども、耐震バックチェック中間報告対象施設以外の施設の影響・評価ということで、福島第一 5 号機についての影響評価を行ったと。

5 号機につきましては、最大加速度が基準地震動 Ss による基礎版上の応答加速度を東西方向で上回っていたというのがございまして、原子炉建屋内の機器・配管系についての、すべての耐震補強工事が終わっていなかったということもございまして、中間報告の対象

施設以外の主要な施設についての影響評価を行ったということでございます。

まず、どういう方針で行ったかということでございますが、これも、今までと考え方は一緒なんですけれども、今回の地震荷重と設計時における地震荷重との比と、それから設計時の裕度、そのときの評価基準値と、それから計算値との関係を確認すると。それでスクリーニングを行います。

ここで、今回の地震荷重と設計時の地震荷重との比が設計裕度を上回る場合には、既往の耐震安全性評価を適用した詳細評価と同等の評価を行う。

解析的検討により詳細評価基準値を上回るものについては、現場との照合を行い有意な損傷がないことを確認するというところでございます。

これは、まさに先ほど御指摘があったところですが、配管系につきましては、基準地震動 S_s による検討が進捗していたこと及び観測記録が基準地震動 S_s を上回る周期帯は配管系の固有周期とは異なり保守的な結果が得られることから、基準地震動 S_s による解析を用いるということで、配管につきましては、今回の解析につきましては、 S_s による解析を行ったと。

さっき西川先生に御指摘していただきましたが、これは、まさに先ほど見ていただいたものと同じものでございますが、配管系の周期帯、0.2 秒以下くらいだということでございますけれども、その辺りにつきましては、基準地震動 S_s の方が大きな値になりますので、御指摘の値で、とりあえず、今回の評価を行ったというものでございます。

24 ページでございますけれども、原子炉建屋に設置される設備の影響評価について、以下のとおり確認し、一部の配管系を除き、評価対象設備が、地震時、地震直後において要求される安全機能を保持できる状態にあったということでございます。

配管系につきましては、基準地震動 S_s による計算値が評価基準値を上回る箇所につきましては、保安院によりまして現地調査を行って、有意な損傷がないことを確認してございますけれども、今後、当該設備について、今回の地震による解析を実施し、詳細な評価を行うということでございます。

25 ページでございます。重要な設備ということで、今回、今までの対象以外においても、その役割が重要だったと考えられると、何点かの設備を特に抽出して、地震時、地震直後における要求される機能が保持できる状態にあったことを確認したということで、ここに書いてございますが、1F1 の非常用復水器系配管、原子炉再循環系配管、ベント管、サブプレッションチェンバ支持脚、福島第一 2 号機の炉心スプレイ系配管、ベント管、それから福島第一 3 号機の高圧注水系配管等も耐震性評価を行って、当該設備の計算値がすべて評価基準値を満足していることを確認いたしました。

それから、福島第一 5 号機の現地調査ということでございます。今回の事故につきましては、津波による深刻な事態に陥ったと考えてございますけれども、プラントの物理的状態は、目視によって直接確認し、地震による影響の有無を確認するというので、先生方に構造調査をお願いいたしました。

確認できた範囲では、建物・構造物に影響を及ぼすようなひび割れ機器・配管の変形は認められず、地震による影響は確認できませんでした。

それから、先ほど御報告させていただきました当院の現地調査と書いてございますけれども、一部配管系で評価基準値を上回ったところがあったのですが、当該箇所について現地調査を行ったところ、有意な損傷がなかったことも確認いたしました。

26 ページでございますけれども、地震観測記録の一部中断による影響ということで、今回、東電所有の 1F、2F、それから柏崎でもありましたけれども、地震の収録装置に不具合があったということでございます。

これにつきましては、すべて、現在の段階で観測可能な状態にある収録装置については、すべて改修を終了したことは妥当だということでございます。

27 ページでございますけれども、観測記録の一部中断による影響ということで、今回、地震観測記録については、先ほど申し上げましたように、一部の観測記録が 130 秒から 150 秒程度で中断していたと、この中断することによって、地震応答解析に影響があるのか、ないのかというような確認を行ったものでございます。

最初は、近接する 2 つ観測点において、中断した記録と完全な記録が両方取得されており、それらの最大応答加速度及び応答スペクトルに顕著な差はないと。

それから、完全な記録を用いたシミュレーション解析結果と、観測記録の継続時間でカットした記録、短くしたもので比較したところ、両方ともに差がないということで、大きな影響がないということを確認いたしました。

それから、疲労評価につきましても、これも、先ほど御説明させていただきましたけれども、疲労評価を行った結果、疲労による影響はわずかであるということも確認いたしました。

28 ページでございますけれども、津波の影響というか、津波がどのような形で施設の中に遡上していったかということにつきましては、これは、写真でしかお示しすることができないんですが、福島第一、福島第二でどのような形で波が遡上してきたか。それから、女川についても、どのような状態で津波が来て、施設の被害があったのかということ を 32 ページまでまとめてございます。

32 ページの一番下に書いてございますけれども、各発電所における設備の被害状況や影響ということについては、事故の発生時、事象の進展については、現時点までに判明している事実関係及び経緯を再整理し、それらを基に事故の原因、事象の進展、各段階における技術的課題を体系的にまとめた上で、これまでの対策の有効性評価及び主に施設・資機材等に係る必要な見直しの方向性の分析を目的ということで、技術的知見に関する意見聴取会というところで検討を行っている。

それから、波力の評価につきましては、地震・津波意見聴取会での検討を、いわゆる報告書にまとめたいと思っております。

それから、33 ページ、福島第一原子力発電所、現状の原子炉建屋の耐震安全性というこ

とで、これにつきましては、福島第一の建屋については、先ほど申し上げましたように、損傷しているプラントがあることから、今後発生する可能性のある地震に対してどうかということで、法律に基づきまして、東京電力に対して報告を求め、その報告につきましては、ここに書いてございますけれども、既に 23 年 5 月 28 日、23 年 7 月 13 日、23 年 8 月 26 日と、それぞれ保安院としての評価書はまとめているというところでございます。

検討の進め方でございますけれども、建屋の損傷状況を踏まえた解析モデルを用いて解析を行うと、損傷状況につきましては、写真等を基に推定して、質点系モデルや FEM モデルにその状況を反映させると。

それから、今後発生する可能性のある地震といたしましては、基準地震動 S_s を用いて行くと、評価といたしましては、鉄筋コンクリート造の耐震壁の終局限界に対応した評価基準値との比較ということで検討を行ったということでございます。

34 ページ以降は、それぞれ 1 号機から各損傷状況がどういうふうになっていて、どういうふうにしてその評価を行っていったかということ写真をお見せしています。

34 ページの 1 番は 1 号機の側面でございますけれども、写真があつて、右側が解析モデルですけれども、色塗りしているところは、もうないと、損傷しているところがないものという形での評価を行って解析を行ったと。

34 ページが 2 号機、35 ページの写真が 3 号機の、同じく状況でございます。

36 ページに 4 号機があつて、36 ページの 5、6 号機につきましては、外観の損傷は特にないということでございます。

このような状況の下で、検討方針、検討条件ということでございますけれども、検討方針といたしましては、原子炉建屋の耐震壁がせん断破壊する終局状態に至っているかどうか評価する。

評価に用いる地震動につきましては、基準地震動 S_s ということで、今後発生する可能性のある地震動としては、十分だと。

検討条件でございますけれども、まず、1 号機、3 号機、4 号機につきましては、質点系モデルには損傷状況を反映させて、上階の崩れた部分は下階で支持すると。

更に、建屋の上部が複雑に損傷している 3、4 号につきましては、3 次元 FEM モデルにより評価を行うということで、解析モデルだけのお話しですけれども、先ほど使わせていただいた資料の一番後ろ、2 つのページに 3 号機、4 号機が損傷状況をどういうふうに反映させたかということで、FEM で実際の諸状況を反映させた形で影響評価を行ったモデルをお示ししてございます。

評価基準につきましては、終局限界の 4.0 かける 10 のマイナス 3 乗ということでございます。

損傷状況を踏まえた現状の原子炉建屋の耐震安全性評価結果については、以下について確認し、妥当なもの判断したということでございますが、すべてせん断ひずみの評価ということでございますけれども、評価基準値の 4.0 かける 10 のマイナス 3 乗を下回るせ

ん断ひずみであったということと、3号機、4号機についても FEM 解析を行っていますけれども、FEM 解析で得られる発生応力についても評価基準値を満足すると。

それから、3号機、4号機につきましては、JNES のクロスチェックも行っておりますけれども、JNES のクロスチェックによって行った最大せん断ひずみ、それから最大せん断力につきましては、いずれも評価基準値を満足していたということでございます。

最後、41 ページでございますけれども、当院は、福島第一、福島第二全号機の原子炉建屋及び建屋に設置される耐震安全上重要な機器・配管、タービン建屋及びタービン建屋に設置される安全上重要な配管が、今回地震により受けた影響について評価をしたと。

その結果、基準地震動 S_s により評価を実施した一部の配管系を除き、これらの施設は、評価基準値を満足しており、地震時及び地震直後において安全機能を保持できる状態にあったと推定した。

福島第一5号機に係る評価基準値を上回った箇所については、現地調査を行い、有意な損傷がないことを確認しているが、今後、今回の地震による解析を実施し、詳細評価を行うと。

中間対象施設以外の S クラス施設について、耐震補強工事が完了していない施設もあることから、今後、福島第一発電所5号機以外についても、安全性の確認を必要に応じて実施する。また、耐震 S クラスの施設の安全性確認を優先するが、今回の福島第一原子力発電所における事象を踏まえると、アクシデントマネジメントで用いる設備の耐震性や格納容器の密封性等についても必要に応じて検討する。

女川原子力発電所、東海第二発電所についても、今後、今回の地震による影響・評価をとりまとめるとともに、地震を受けた実機の現状を把握するためのウォークダウン調査を行うと。女川発電所については、既にウォークダウン調査を実施したが、調査の範囲内では建屋及び機器・配管系に有意な損傷は確認されなかったということでございます。

以上でございます。

○西川主査 ありがとうございます。何か急に言われてもというところはあれでしょうけれども、一遍にこれだけ頭に入れるのは大変です。何か御意見等ございますか、どうぞ。

○西谷委員 細かいことは、今、伺っただけなので何とも言えないですけれども、まず、大きな点で申し上げますと、荷重という言葉が、少しあいまいに使われているような気がするんです。例えば、この別紙の2ページ目を見ていただくと、表に地震応答荷重という言葉があるんですけれども、設備等のすぐ隣に、別紙の2の、この荷重がかかって応答が発生するので、応答荷重というのは、一般には言わないと思うんです。地震荷重というのはあるんだけど、でも、地震荷重というのは、例えば最大加速度が 500Gal の地震といたら、それは、地震荷重だけでも、地震荷重がかかったことによって発生する、ここに出ているモーメントとかせん断力とか軸力とか、さまざま、相対変位もそうですけれども、こういったものはすべて荷重ではなくて、荷重効果なんです。正確に言えばね。だから、地震応答だけでいいんじゃないかという気がするんですけれども、地震応答荷重と

という言葉はないと思うんです。

それで、この中にも地震応答解析の結果得られた地震荷重等がということなんですけれども、これも何か変な感じなんですね。地震応答解析の結果得られた荷重効果とか、それから計算結果がというのなら意味が通るんだけど、地震荷重を使って応答解析して、また地震荷重が得られるというのは、すごく変な感じがするので、もう一回荷重の使い方を調べられた方がいいと思います。これは、やはりいろんな人が見るので、専門家の人が見たときに、何か言葉使いが変だなと思われてしまうと、それだけで内容の細かいことまで揚げ足を取られてしまうといけませんので、その点、今、気がつくのはこれくらいなんですけれども、失礼しました。

○西川主査 ほかにございますか、どうぞ。

○小林英男委員 細かいことも言わないとチェックしていただけないと思いますので、25ページで、まさに我々が関与している問題で、1.5の(1)で、意見聴取会の現地調査結果というのが出てくるんですが、その2番目の段落で確認できた範囲ではという、この言葉、ちょっと途中省略すると、確認できた範囲では、地震による影響は確認できなかったと、何のことを言っているかさっぱりわからないと思うんです。こういうのは、文章を少し正確に、それで、それはどうでもいいことで、ここで非常に重要なことは、意見聴取会がプラントの物理的状態を目視により直接確認しというのが、今の結論になっているんですね。これは、やめていただきたい。今、指摘した、確認できた範囲ではというところまで、建物の構造に影響を及ぼすようなひび割れが認められず、これは建築の先生方が認めたとおっしゃるなら、私は構わないと思いますけれども、その次の、機器や配管の変形は認められず、これは意見聴取会の先生方が認めたといわれると、非常に困ると、それから社会に対してこんなことは言えないと思う。要するに、変形は本当に、だれが見てわかるんですかという問題で、目でわかるような大きな変形があったら、それはわかるけれども、そんなものがあったら、もう重大問題であって、程度がそんな問題じゃない。だから、少なくとも機器や配管の過大な変形は認められずだと思うんだけど、それは、(2)の下の当院の現地調査で保安院の検査員が確認しましたと、そういうふうにさせていただきたい。これは、意見聴取会の委員の皆さんの判断なんていうのは、技術的にだめだと、通らないと。

うるさいことを言うと、目視で有意な変形がある、なしの有無というのは、資格を持った検査員が、非破壊検査の資格を持った検査員が見なければわからない問題、そういうトレーニングとか、ちゃんと試験を受けた人が、それは、柏崎の地震の調査でもちゃんとそれをやってきているのであって、その原則はやはりここではっきりさせていただきたい。

だから、結論を言うと、意見聴取会の先生方が見てよかったなんていうのは、どうでもいい話であって、見ていただいたのは非常に結構なんだけど、実際に被害にあったか、なかったとか、変形があったとか、なかったとか、それは、保安院の検査員が見て判断したということにさせていただきたい。そうじゃないと、客観的な判断基準になっていないと

思います。それは、是非お願いしたい。

もう一つ、41 ページのまとめ及び今後の対応というところで、上から 5 行目で、一部の配管系を除き、この配管系という言葉が頻繁に出てくるんですけども、配管系の定義、さっきのいろんな資料で問題になっているのは、サポートなんです。配管系とサポート、一般に配管とサポートというのは、全然別の構造物であって、配管系という言葉にサポートは入らない、配管系といっているのは、要するに本管に対して支管があるとか、そういうのをシステムとして配管系という言葉を使っているんで、配管とサポートの機能だとか重要度、それから強度設計の基準とか、全く違うわけです。だから、配管そのものに損傷があったというのは、非常に大きな問題だけれども、サポートが損傷しますというのは、ある意味、地震に対して当たり前というのが、我々のとらえ方だと思うんです。だから、配管系という言葉と、サポート、支持構造物というのは、表現上は必ず分離していただきたい。それは、是非お願いします。

○西川主査 ありがとうございます。先ほどの 25 ページの御指摘は重要な点ですので、見て、検査の人間が見ないと、詳細なことはわからないので、そういうところを。

○御田上席安全審査官 私も明らかに配管系というのは、頭の中ではサポートを入れているつもりでそういう言葉を使っていたので直します。

それと、非破壊検査のイメージなんですけれども、実は、この話は、柏崎も確かに先生がおっしゃるように、非常に丁寧な検査をやっています。そういう意味でいうと、柏崎は、再開を念頭にしたというところがあるものですから、機器系のものについても、非常に丁寧な検査を行っているんですが、福島は、今、そういう状態ではないものですから、検査の程度が柏崎と比較すると、ちょっと落ちたと。

○小林英男委員 それは、承知しています。だから、確認したのは、保安院の検査員と、是非、そうしていただきたい。

○西川主査 ほかに、どうぞ。

○藤田委員 今までの審議で、気がつかなかったというか、6 ページの燃料集合体の相対変位 40mm というのは、1F の 1 号機とか、そういう古い炉にも当てはまる数字なのかどうかをちょっと確認をしていただきたいんです。JEAG とかでいっている、恐らく改良、標準化以降、特に最後、NUPEC なんかに極限試験をして、これくらいまで OK ですよというのが出ていますので、それはバックチェックのときなんかにも使われていますけれども、本当に 1F の 1 号機なんかが、これを使えるのか、それだと、恐らく 2F のものはもっと上へ行ってしまいうんですね。ですから、本来、1 本でやってはいけないのかもしれないんですけども、その辺、私の方の勘違いかもしれませんけれども、確認をしてください。

○御田上席安全審査官 確認します。

○西川主査 どうぞ。

○久保委員 26 ページくらいに当たるんですけども、私、この意見聴取会のメンバーで見ていると、前々回に運転ログの、データログの合同で意見聴取会をやりましたね。

それは、少なくとも私にとっては非常に有用な情報を与えてくれたと思うんです。限られた情報の中で、運転ログにおいて、どういう状態が推定されたかという情報を彼らから得ましたね。それを 1.6 という項目で、建物・構造物意見聴取会と向こうの委員会が何という名前かちょっと失念しましたがけれども、合同を開催したと、そこで運転ログの情報から、こちらで見た応力解析の結果を、一種の傍証するデータを得て、向こうから主要な大型系に関して損傷は、データログ上は認められなかったけれども、小口径配管については、その可能性は完全には否定されなかったというような御意見をいただいたと思うんです。その文章をここに入れていただくことを提案いたします。

併せて、最後の結論の 41 ページにも、その関連の文意を入れていただければと思います。

○小林耐震安全審査室長 今、久保先生が言われたプラントパラメーターの挙動を加味した評価といたしますか、これについては、一方の技術的知見の意見聴取会の方での報告書も、今、中間まとめをやっている段階でございまして、それが 2 月 1 日にたしかお披露目されるので、少しその辺の表現ぶりとか、それを参考にして、こちらの方にどの程度入れるかというところを少し検討させていただきます。

○西川主査 よろしいですか、このところでは、まず、かなり損傷を受けた 1、2、3、4 ですかね、それがまた Ss を受けたときにどうなるかという解析をいろいろやっていて、補強していただいて何とかなるか、どうだったと、建屋としてですね、そういうようなことを見させていただいて、ここにも書いてございますが、何とかなるのではなかろうかというふうに思ったのが 1 つ。

それから、地震のときに、津波ではなくて、建屋、機器が一体どうなったんだというのがターゲットになるわけですが、この保安院の評価では、直後においては、安全機能が保持できる状態にあったと推定しているということを言っているわけですね。

そういう 2 点が大きな柱なんでしょうかね。それらについては、いかがでしょうか、御意見はございますか。細かいことは、いろいろあるんですけども、それで 5 号機を視察して、建屋の方は見てもわかりますから、ほとんどひびも入っていないので、地震のときは安全だったろうと。機器に関しても過大な変形は見当たらなかったもので、安全機能が保持できたかどうかという辺りについて、必ずしも言えないですけども、まあまあそうかなと。

それから、小口径の配管についてはわからないということなんですね。ですから、わからないことはわからないと書いていただいて、ある程度見てというか、解析等、そういうものから判断できるものについては書いていただくのがいいかなと思います。

もう一つ、津波の資料が入っていて、これはいいんですが、女川と東海第二がここに唐突に入っているんですが、これは、福島の影響評価についてのとりまとめですから、後ろに参考か何かで入れられたらいいんじゃないですか、その中に入っているんですかね。

○小林耐震安全審査室長 ちょっと工夫させていただきます。タイトルが 1F、2F になっ

ているものですから、少し工夫させていただきます。

○西川主査　そうですね。最後には女川と東海の方をやると書いてありますので、この中に入ってしまうと、ちょっとわかりにくいところがあります。

ほかに何か御指摘ございますでしょうか。是非、この間の合同委員会で、いろいろおっしゃったようなことも入れていただければいいかなと思います。

それでは、ぱっと今、お話を聞いて、御意見を一遍にと、細かいところはなかなかわかりにくいんですけども、何点か御指摘がありましたけれども、もし、お時間があれば、これはいつまでにまとめるんですか。

○小林耐震安全審査室長　少なくとも来週前半くらいには、まとめたいと思っております。大変御無理をお願いしますけれども、早速、少し、今日御指摘があった点を踏まえて、直したものを、また、見ていただくことになると思いますので、ひとつよろしく願いしたいと思います。

○西川主査　それも併せて、ちょっと見ていただいて、細かいところもお気づきがあれば、メールで御返事いただければと思いますので、それでいいですね、それでまた直したところは御連絡があるということだと思います。

これにつきましては、よろしいでしょうか。それでは、本日用意しました議題は、すべて終了いたしましたので、今後の予定等、事務連絡をお願いしたいと思います。

○小林耐震安全審査室長　長時間にわたり御審議ありがとうございます。本日の資料は、また、郵送させていただきます。机の上に置いたままで結構でございます。

次回の意見聴取会でございますけれども、調整させていただいた上、別途御連絡させていただきたいと思います。

中身は、今日の報告書、中間とりまとめの中身が大幅に直すようであれば、来週前半に、また意見聴取会をお願いするかもしれません。そこは、また、調整させていただきたいと思いますので、よろしくお願いします。

保安院から、以上でございます。

○西川主査　どうもありがとうございました。何か御発言されることはございますか、よろしいですか。

では、以上をもちまして、第7回「建築物・構造に関する意見聴取会」を閉会いたします。どうもありがとうございました。