

原子力発電所における  
配管支持間隔の設定方法に関する会合

平成30年6月21日（木）

原子力規制委員会

原子力発電所における配管支持間隔の設定方法に関する会合  
議事録

1. 日時

平成30年6月21日（木）10：30～12：00

2. 場所

原子力規制委員会 13階A会議室

3. 出席者

原子力規制庁

山田 知穂 原子力規制部長  
寒川 琢実 実用炉審査部門安全規制調整官  
片野 孝幸 実用炉審査部門安全審査官  
高木 薫 実用炉審査部門安全審査官  
御器谷 俊之 実用炉審査部門安全審査官  
寺野 印成 実用炉審査部門安全審査官専門職  
吉田 匡志 地震・津波審査部門上席安全審査官

北海道電力株式会社

南保 光秀 原子力事業統括部原子力リスク管理グループ 担当課長

東北電力株式会社

飯田 純 原子力本部 原子力部 課長

東京電力ホールディングス株式会社

綿引 喜徳 原子力設備管理部 機器耐震技術グループマネージャー

中部電力株式会社

竹内 正孝 原子力本部 原子力部 設備設計グループ 課長

北陸電力株式会社

松田 徹 原子力本部 原子力部 原子力耐震技術チーム統括（課長）

関西電力株式会社

藤井 大士 原子力事業本部 原子力技術部長

白井 英士 原子力事業本部 原子力技術部門 プラント・保全技術グループ 技術  
主幹

野元 滋子 原子力事業本部 原子力技術部門 プラント・保全技術グループ マネ  
ジャー

石黒 崇三 原子力事業本部 原子力技術部門 プラント・保全技術グループ マネ  
ジャー

#### 中国電力株式会社

蔵増 真志 電源事業本部 原子力耐震グループ 担当係長

#### 四国電力株式会社

黒川 肇一 執行役員 原子力本部 原子力部長

池田 和豊 原子力本部 原子力部 耐震設計グループリーダー

堀内 隆夫 原子力本部 原子力部 耐震設計グループ 副リーダー

#### 九州電力株式会社

村山 晃 原子力発電本部 原子力工事G グループ長

#### 日本原子力発電株式会社

上屋 浩一 発電管理室 設備耐震Gr 副長

#### 電源開発株式会社

梅岡 貴志 原子力技術部 設備技術室（設備耐震技術）総括マネジャー

#### 日本原燃株式会社

大久保 哲朗 再処理事業部 再処理工場 ガラス固化施設部長

佐川 貴人 再処理事業部 エンジニアリングセンター 設計部 安全解析G 副長

#### 4. 議題

(1) 原子力発電所における配管支持間隔の設定方法について

(2) その他

#### 5. 配布資料

資料1 原子力発電所における配管支持間隔の設定方法について

#### 6. 議事録

○山田部長 原子力規制庁原子力規制部長の山田です。

それでは、これから原子力発電所における配管支持間隔の設定方法に関する会合、第2回目を開催したいと思います。

この話題については、2回目ということで、前回のこの会合では、JEAG4601に示されている定ピッチスパン法での評価のやり方について、JEAGに書かれている配管の固有振動数のピークを避けるということが書かれているということについて、新規制基準以降、鉛直方向の地震動を評価することになったことで、鉛直方向の地震動に関してのピークを避ける必要があるのではないか、という我々のほうからの問いかけに対して、事業者の方々から事業者側の考え方をお伺いしたということでした。1回目の議論では、今日お配りをしております資料の1ページ目に書かれていますけれども、鉛直方向の地震動を考慮したとしても、ここにある標準支持間隔に対応する固有周期、これが鉛直方向の応答スペクトルの仮に右側にきていたとしても、こういう形でピークを維持するような形で床応答スペクトルの設定をした上で評価をしているので、床応答スペクトルから求められる応答加速度については、これを使って計算をすれば応力はきちんと評価はされますという御説明をいただきました。この点については、床応答スペクトルから応答加速度を求めて、そこから計算をしていく、そこについては、ほぼこういうやり方でいけば大丈夫かなという感じでの議論だったかと思えますけれども、その中で、この1ページ目に書かれていますように、2ポツのところにありますけれども、だとしてこういう形で鉛直方向の地震動によって生じる応力の評価が、この簡易手法では定ピッチスパン法において、このピークより右側にきているというこの条件のもとできちんと応力評価ができるのかというところが、議論になったと。これは、どういうふうに応力で計算するのかということなので、それは、審査の中で議論することではないかということで、前回の議論の際には、あまりそのところは議論をしないで、一応議論が終わった形にして、それで我々のほうも中でいろいろと議論をして、我々の問題意識がそもそもきちんと伝わるか、伝わらないか、そこで少し前回のときには議論が混乱したようなところがありましたので、今日は我々のほうで、今日ここで御用意をした資料で、我々が何を問題として捉えているのかというところを、まず御説明をさせていただいて、それで、我々の問題意識をしっかりと確認をさせていただいて、その上で、我々の懸念に対して、事業者のほうの考え方をしっかり示していただこうということで、事業者のほうからも御提案もいただいたので、そういう形で進めようということで、今回こういう公開会合を開かせていただいたということでございます。

それで、詳しくは引き続き御説明をさせていただきますけれども、我々のほうの考えている論点というのを2ページ目に書かせていただいています。定ピッチスパン法は、こゝで行われている応力評価というのは、簡易手法であるというふうに我々は認識をしまして、例えばということで、幾つかの点で配管に発生する応力というものは、若干不足している、考慮がされていないところがあるのではないかとというふうに認識しています。

従来、水平方向だけを考慮していた場合においては、しかるべき保守性をもつ計算方法がとられていて、適切に考慮されていたんだろーと思っておりますけれども、鉛直方向が考慮されることになったということで、1ページ目の下の図を見ていただければと思うんですけども、従来水平方向だけであれば、ピークの左側で右肩上がりのかげ上がっている部分にあったものが、鉛直方向を考慮することになったことで、ピークを維持している、この部分で応力を考えるということが変わっているのではないかとということで、この鉛直方向の、このピークより右側にあるところでも、同様に適正な保守性が考慮されているんだろーか、どうだろーかというところが我々としての懸念というか、御説明をいただきたいところであるというふうに考えております。というのが、入り口としての御説明ということで、それじゃあ、資料のほう詳細については、御器谷のほうから御説明をさせていただきます。

○御器谷審査官 それでは、資料の各論について、3ページ目をまず御覧ください。

3ページ目ですけれども、このスライドにつきましては、配管に発生するモーメントの評価式について説明しているスライドです。定ピッチスパン法のモデルは、前回の事業者側の説明資料にもありましたけれども、この左の絵にあるような片端支持と、それから片端固定の境界条件で、等分布マスの梁モデルとなっています。それから、右の図になりますけれども、これまでの工事計画の認可の既工認図書では、3次元の梁モデルでモデル化する場合、両端支持の境界条件でワンスパン、一質点のモデルとなっています。こういった前回の資料ですとか、既工認の図書で我々側がこういった理解をしておりますが、実際の配管の支持を考えた場合に、この真ん中の絵にありますように、両端の支持条件がUボルトなどの場合は、自由度がありますので、完全固定というわけではなくて、支持ぐらゐのイメージになっているかと。それから、一質点というわけではありませぬので、等分負荷重と考えています。よって、概念上という話にはなりますが、両端のこの境界条件で考えた場合に、定ピッチスパン法のモデルよりも、より柔軟な条件と考えられ、その一方で両端支持ほどやわらかくないとも考えておりますので、この間ぐらゐに実際の配管の振動

数というのが来るだろうと、いう絵になっております。

この図の中に、モーメントの算出式を記載しておりますけれども、定ピッチスパン法のモデルで考えられるそのモーメントは、3次元梁モデルのモーメントよりも小さくなるだろうということを示したスライドでございます。

続きまして、②の説明、4枚目になります。

①と同じく、配管に発生するモーメントについての話になりますが、1次元と3次元の相違を示したスライドです。

定ピッチスパン法では、1次元モデルで解析をしておりますので、配管に発生するモーメントが、この $M_x$ の一方向のみで評価をしておりますが、しかしながら実際の配管では、この $M_x$ 、 $M_y$ 、 $M_z$ といった、3次元的なモーメントが発生しますので、こういう配管に発生するモーメントが下の図に示すような相違があって、適切に考慮されていないというふうに考えております。

続きまして、③番です。

配管の形状に応じた、応力のケースの相違というスライドですが、JEAGが引用しております設計・建設規格などによりますと、この形状の変化部位ですとか、構造の不連続部位につきましては、応力の増分を見込む必要があります。溶接部だとか、テーパ部につきましては、応力係数の考慮が必要とされています。上の図のほうでは、それらの考慮がされていないのではないかというふうに示した図でございまして、下の図ですけれども、曲がり部につきましては、低減係数を定ピッチスパン法では、考慮しているかと思えます。そういうスパン表の直管部の応力と同等となるような曲がり部の全長を低減する係数、JEAGの中では、縮小率といっているかと思えますけれども、を乗じているかと思えますが、応力係数については、考慮されていないのではないかということの説明しているスライドです。

続きまして、④番、隣接スパンからの影響です。

一部、前回、説明いただいているところもありますが、今回は、この簡易手法が故に考慮されてない影響の一つとして、より具体的に改めてここで説明しているものです。図では、この隣接スパンからの影響として、軸とその回転方向の影響について、赤線で示すような影響があると考えておりまして、定ピッチスパン法では、その影響を踏まえて適切な応力が算出されてない、考慮されてないと考えております。

続きまして、⑤番です。

これは、①番と関連してくる話でございますが、この定ピッチスパン法の片端支持、片端固定のモデルで求められるこの固有振動数というのが、振動数係数の欄に書いてある、ラムダ（ $\lambda$ ）の数字に違いがありますように、それを用いて固有振動数を下の緑のところですね、固有振動数を算出すると、工事計画認可で用いているようなこの3次元の梁モデルの固有周期よりも剛側に評価され、その故に応答加速度が適切に考慮されていないということを示したスライドです。

続きまして、8ページ目です。

⑥番ですけれども、配管の支持端の影響ですね。配管はこの機器または壁ですとか、あとは床の貫通部などのアンカー一点となる端部がありますが、そこでは、この配管への固定端からの反力というのが発生します。それを赤の線で示しておりますが、この反力による一次応力の影響が適切に考慮されていないということを示したスライドです。

続きまして、⑦番、例示としては、最後のものになりますが、定ピッチスパン法では、相対変位ですとか、あと熱応力といったような、二次応力の考慮がされていないこのをこちらの絵で示しております。

最後、10ページ目、論点を各論で今まで申し上げましたけども、1枚目とか2枚目のスライドと関連しますが、論点をまとめたものでございます。

先ほどの1ページ目にも出て聞きましたけど、下の図は水平方向の地震力につきましては、FRSの最大のピークを、従来、水平だけの動的地震動を見ていたときと比べて同じように短周期側にさけても、今回鉛直が入ったことによって、鉛直方向の地震力につきましては、FRSの最大のピークを従来とは異なる長周期側での応答加速度を用いて発生する応力を計算する場合があります。具体的には、ここの図で示していますのは、配管の固有周期（設計）と書いてあるようなラインでございますが、ここでのラインにおける応答加速度を用いて、応力を計算する場合について、このような十分適切な配慮がなされていない場合の話をしております。

次のところで、ポツで書いてありますのは、九州電力の川内の特重工認審査におきましては、配管の固有周期ですとか、固有周期の(実際)と書いてあるラインですけれども、これが水平、鉛直方向双方の床応答スペクトルのピークの短周期側にある。両方とも避けているということで、配管の固有周期(設計)と書いてあるラインが、配管の固有周期(実際)のラインよりも長周期側であることから、FRSが求める加速度を解析上大きくして、応力も大きく算出されているということを確認しました。

最後のところですが、床応答のスペクトルのピークの短周期側である場合と、同様の計算方法が適用されているのであれば、その計算方法において、定ピッチスパン法が簡易手法であることの影響等、適切に補われていることの確認が必要であるというふうに考えておまして、定ピッチスパン法を用いて設計する際の、この配管の固有周期(設計)と書かれた応答加速度を用いて、応力を計算する場合の配慮について説明いただきたいというふうに考えております。

説明は以上です。

○山田部長 10ページ目を、もう少し補足して申し上げさせていただくと、九州電力の特重の工認の際には、九州電力からの説明が、配管の設計の固有周波数、ここで設計しましたという御説明だったんですけれども、実際3次元でやってみると、実際にその周期でやったときの、そのピッチでやったときの固有周波数は、実は、もう少し左側にあったということなので、このそれぞれの交点ありますけれども、この部分、床応答の加速度をかき上げて、応力評価していますよ。要するに、ここで周波数が少し右側にずれているので、その分で稼いでますよという御説明があつて、では、それなりの保守性があるなということで、我々理解をしたんですけれども、これがもし、この配管の固有周期(実際)というのが、もしこの鉛直の床応答スペクトルのピークに近くなっていたり、ピークを越してしまっていたりしたとすると、実際の固有周波数と、それから、設計上ここでやっていますという周波数との間で、応答加速度にかき上げしている部分がほとんどないというようなことになるんじゃないだろうか、というのが、我々がもっている今の疑問です。こういうかき上げをしてなきゃいけないんじゃないかと、我々が思っている理由は、この前段で御説明したとおり、この定ピッチスパン法で計算されている片端支持、片端固定だと、応力の評価が、少し過小評価になっている場合があるんじゃないかと。そうではないという御説明があるのであれば、そうしていただければいいと思うんですけれども、そういう我々は理解をしていますので、この今示されている定ピッチとは、片端支持、片端固定のこういう応力の評価をするのであれば、それなりの保守性をどこかで稼がないと、十分な安全性を確保できないのではないかと、という疑問に対しての、どういう保守性を取っていますとか、もしくは、応力の評価は、これでいいんです。という御説明になるのかわかりませんが、そのところの御説明いただきたいというのが、今日ここで、我々として、御説明させていただいたのです。

以上の御説明を、まず、我々の説明をさせていただいたところでわからないところがあ



ればそこを確認していただいて、それで我々の疑問点を十分把握していただいた上で、その疑問点に答える方法については、しっかりと御検討していただいて、改めて御説明いただければというふうに思っています。ということで、我々の問題提起の中のわからないところあれば、そこを確認いただけますでしょうか。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

①番について、まず事実関係の確認ということで、言葉の意味を少し教えていただきたいなというところです。細かく三つあるんですけども、このモーメントの算出式は、これWLとあるんですけど、一応、これ $WL^2$ という理解でよろしいですかね、というのが一つ。

それと、耐震実証試験等の知見に基づくということで、1マスモデルというのがあるんですけども、もし具体的に耐震実証試験として挙げるものがもしございましたら、御教授いただきたいというもの、

あと、もう一つは、この図の一番右側なんですけれども、配管最大値という言葉があるんですけども、これは、何の最大値を記載したものかというのを御教授いただけると幸いです。

○吉田上席審査官 今の御質問への回答をします。規制庁の吉田です。

最初に言われた $WL^2$ 、もともとそちらの書かれているWというのは、長さ当たりで割り算した値なんですけど、申し訳ないんですけど、ここは、Wというのは総質量という意味で書いていますので、Wイコール、そちらの書いてあった、wにLを掛けた値だと、そう理解していただければいいと思います。ちょっと表記としては、等分布マスだったので、石黒さんの言われるような書き方をしてもよかったかもしれないですね。

それから、2番目というのか、耐震実証試験等の知見に基づくという意味ですが、これ具体的には、右側は、今までの既工認で使われている、要するにJEAGに基づいて、いろんなそういう成果を踏まえて、やる解析モデル、普通の3次元解析、詳細解析のモデル、その要素を書いただけです。細かいのは、かなり建設・・・ですから、そういう耐震実証試験というのは、かなり古いものになると思いますので、具体的にどれだというようなものはあまりないんですが、一番至近なのは、恐らく大間の審査のときに、減衰定数を変えるときに、配管の解析をされていると思いますが、そこに使われているモデルと同じだと、そういう理解をしていただければいいです。

最大値なんですけど、最大値といっているのは、配管の最大値ですから、ここの振動として見たときの、ちょうどこの絵で振動を模擬した絵として書いてありますが、その腹部

の応力になります。これは、普通に一般単純な一本梁のときの曲げモーメントの最大値の場所になります。参考までに左側は、固定端部と書いてある意味は、その固定端のほう、振動の腹ではなくて、固定端のところに8分の1、そちらでいう $WL^2$ ですね。それが発生すると。その位置を括弧で記載してあります。どこの位置かというのは、その位置です。

以上ですが。

○関西電力（石黒マネジャー） ありがとうございます。

最大値とおっしゃるのは、応力の最大値が腹部であるということを示したものということですね。

それで、すみません、引き続きなんですけど、この①番につきまして、真ん中に実際の配管ということで、わかりやすく図があるかと思うんですけども、ここに記載していただいていますように、実際の配管という意味では、このUボルト二つあって、その先にも配管がつながっていて、その先には、ひょっとしたらUボルトがあるかも、支持装置なりがあって、最後はノズルというか、配管がタンクとかポンプとかに行くというような形で、実際の配管というのは、最終的に端部がポンプなりタンクなりにつながっているというような理解を我々してございます。そういう意味では、定ピッチスパン法、こちらの8分の1WLという形でお示ししていただいている、これが実際の配管よりも応力としては、小さく出るのではないかと、ここで記載していただいているんですけども、一応我々としては、先ほど申しましたように、実際の配管というのは、さらにこの1スパンで、実際ブチ切れているものではなくて、連続してつながっているといったことを考慮しまして、この応力の評価式というのも、保守的であるというふうに認識してございます。従いまして、そのような観点も踏まえまして、回答差し上げたいというふうに考えてございます。すみません、こちらは意見だけなんですけれども。

○山田部長 図は、書き切れなかったのもう簡単には書いてあるだけで、本当は、これ図は要らなくて、実際はこの間でしょうということだけ言いたいんです。こういう支持になっているでしょうということが言いたいものではないです。

○関西電力（石黒マネジャー） かしこまりました。

○吉田上席審査官 補足します。回答そういうふうにするのは構わないんですけど、ここのお伝えした要旨は、そういうものの要素を全部分解して、それぞれの要素ごとにしてあります。だから、回答の仕方としては、今、例えば言われた件は、①と後ろのほうに隣接配管という、④番ですか。そういうのと、④とか、この形状でなくてもいいんですけど、そ

の長い配管で構わないですが、それで総合的に回答いただくのは、一向に構いませんので、そう扱ってください。ただ、分割しただけです。

○関西電力（石黒マネジャー）　かしこまりました。ありがとうございます。

○山田部長　あと、すみません。念のために申し上げさせていただくと、2ページ目のところの今日の論点で1ポツに書いてありますけれども、今思いつくところでだっとならべたというのは、この①から⑦になっていて、我々が、使用させていただきたいと思っているのは、定ピッチスパン法で書かれているのって、完全に実際の配管で応力を評価できているのでしょうか。というのが問いで、その問いを少し具体的にイメージしていただく上で、この七つをとりあえず上げてみたというところなので、この七つ全て、これは実際上大丈夫ですという御説明をしていただくのでも結構なんですけれども、我々の問題意識としては、定ピッチスパン法で応力、要するに床応答スペクトルでの加速度、ここから応力に計算する際、ここの計算の仕方の中で、本来一定の保守性をもつことによって、この定ピッチスパン法で書かれているここで考慮されてないというのは、カバーされていたんじゃないでしょうか。水平方向の地震動だけ考えているときには、恐らくこのピークの左側のところで、実際の配管の周波数というのは、少し保守目に出てくるようになってあって、それで、そこで計算した応力というのは、実際に配管で発生するよりも保守性をもつように計算がされていたはずじゃないかと。従来はそれでいろんな実証試験をしたとしても、しっかりとした保守性が確保されているという結果が出ていたんじゃないだろうかと我々は理解をしていますので、それと同じことが鉛直方向でピークより右側にいったときにも、実現されているのかどうかというところを御説明いただけると、我々としては理解が進むのかなというふうに思っております。

○関西電力（野元マネジャー）　関西電力、野元でございます。

今、山田部長がおっしゃっていただきました事項について、我々の認識をまず述べさせていただきますんですけども、定ピッチスパン法と申しますのは、これまで我々設計に用いてまいりましたけれども、FRSの読み値で非保守性を保証することとセットで適用してきたという認識は我々なくて、定ピッチスパン法そのものに、その実機の応力状態を保守的に算出するという配慮がされている形での設計手法だというふうに認識して、摘要してまいりました。

ですので、今回、これ御回答をこういうふうに疑念をいただいているので、御回答さしあげないといけないんですが、それぞれの論点について、これが非保守的ではないかとい

う御懸念に対しては御回答さしあげていきたいと思うんですけれども、トータルとして、保守的なのかということをお説明しようとしたときに、手法を1から御説明するのもまたなんですし、まず、七つをこれ御回答さしあげると、一応疑念は払拭するのかなと思いきや、そうではないというようなニュアンスのこともおっしゃっていたので、そのところ、ちょっと確認させていただけないかなと思うんですけれども。

○山田部長 基本的に、我々が思いついたのは、これだということなので、御回答は、これをそれぞれ個別に潰していかれるというのであれば、それでも結構だと思います。

○関西電力（野元マネジャー） ありがとうございます。

今まで、定ピッチスパン法が保守的だという話は、新規制基準が再稼働に向けた工認の中でも、各社の個別審査の中でお示ししてきたところで、その中では、主に3次元梁モデルとの比較で御提示してきたところになっています。概ね保守的ですね、ということをお示してきたわけではあるんですけれども、そういったところを少し解説しながら、特にいただいた論点について、御説明するという格好でよろしいですかね。

○山田部長 3次元のモデルとの関係をおっしゃられていたので、10ページ目御覧いただければと思うんですけれども、九州電力から我々受けた説明というのが、その3次元で解析をすると、3次元解析の結果で出てくる配管の周波数というのは、この点線の部分なんです、という御説明だったんです。なので、この定ピッチスパン法というのは、配管の設計上ここでというスパン法に書かれている数字というのは、実際のものよりも、言ってみると少し自由があるというか、応答加速度が大きくなるようなところに設定した上でそこでも応力評価上大丈夫ですという御説明をしていただいているということで、我々理解をしたというのが、九州電力の審査の中での話なんです。なので、こういう形で実際のものよりも、設計上の応力評価の際に、使っている応答加速度というのが、ここで見ていただけるような、少しかさ上げしたような形で応力評価していますから大丈夫ですということだとすると、これは仮説です。そういう説明はしてないという関西電力はそういう考え方をしてないということなのかもしれませんけれども、九州電力からは、こういう説明を受けたので、我々は理解をしたということなので、もしこうだとすると、鉛直方向の床応答スペクトルだと、場合によっては、先ほど私が申し上げたとおり、この実際のものがピークのほうに近づいているとすると、かさ上げしている部分が小さくなってくるんじゃないだろうか、これもまた仮説なので、もしそういうことなんだとすると、その鉛直方向の評価を大丈夫なんでしょうかという疑問が生じるということで御理解いただけると思うんで

す。

○関西電力（野元マネジャー） 関西電力、野元でございます。

ありがとうございます。御趣旨、承知いたしました。我々の、3次元梁との比較と私申し上げましたけども、それは、3次元梁のほうの適用FRSも谷埋め保持ベースのものでの比較でお示ししたと私認識しておりまして、そしたら、そういうお示し方にもなるのかなというふうにも理解いたしました。それで、トータル、だからどれだけのことをお示しすればいいのかというところ我々悩むところがあって、こういう御質問さしあげました。

すみません、個別の話に戻らせていただいて、順番ではないんですけども、思いつくところでお聞きしたいところがありまして、よろしいですかね、すみません。

5ページ目の③の応力係数の相違のところを確認させていただきたいですけども、まず、下半分の曲がり部等の低減係数について、応力係数は考慮されていないというふうにいただいているんですけども、我々、その低減係数を設定する際に、応力係数も考慮して、それを保守側にカバーするように設定しているという認識もあって、そこを詳しくきっちり御説明さしあげる必要があるかなというふうには思いますので、そういうふうな形で御説明さしあげるのかなというふうには思います。そこは、技術関係の確認をお互いさせていただくということかなというふうに考えております。

それから、上側の直管、テーパ部、こちらは、低減係数という形での配慮はしてないので、確かに低減係数で語れないのは確かなんですけども、ここにつきましては、この設計上、応力が非保守的にならないような配慮をしているといったようなところを、きっちり御説明さしあげるのかなというふうには思いますので、よろしく願いいたします。そういう形での回答の方向性だということだけ確認させていただこうと思って、発言させていただきました。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

一つ目の曲がり部につきましては、応力係数の中に含まれているという低減係数が含まれているというところ、既工認図書の中では、なかなか確認できなかったところもありますので、そのところを御説明いただければと思います。二つ目につきましては、了解しました。説明お願いいたします。

○関西電力（野元マネジャー） 関西電力、野元でございます。

承知いたしました。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

各論の⑦番、9ページについて、御確認をさせていただきたいんですけれども、二次応力の影響につきましてということで、考慮されていないということでの御指摘かと思えますけれども、前回5月24日の会合の資料にも事業者から御提出させていただいております別紙という資料がございます、その中でも地震時の相対変位による二次応力の評価というものを記載させていただいております。この中で定ピッチスパン法を用いた配管の設計に当たっては、二次応力の影響は適切に考慮しているという旨を記載しております。前回の会合では、そこまで説明をする時間がありませんでしたので、こちらについては、前回御記載している説明資料をもって、説明させていただくということでよろしいでしょうか。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

今、言われた前回の資料の中に、そういうものがあるというのは、もともと既工認の中にも書いてあるのは存じ上げています。ただ、そこで書いてあるのは、二次応力の関係のところ、例えば熱伸びなんかもそうですが、その隣接する1スパン分のことについての影響しか見てなくて、そこから例えば、直管がずらっと長い場合は、どうなるかということは、直接は説明資料ないので、そういったところも踏まえて、ちょうどそういう絵を入れておきましたので、そういうところも踏まえてもう一度定量的に回答をしていただければいいと思います。前回の方法、そのものは否定しておりません。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力、堀内です。

わかりました。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

先ほどの件は、そうしたら隣接影響も含めたそういう考察も含めて、丁寧に御説明さしあげると、そういうことでよろしいでしょうか。

○吉田上席審査官 一つは、そういう考え方でいいです。

それか、もう一つの答えは、隣接影響は、受けないような配管引きましょ、しますとか、そういう計画のほうのお話の回答でも、定ピッチでやっている範囲に隣接影響を考慮しないといけないようなところには適用しませんとか、そういう答えでもそれは構わないです。

○四国電力（池田グループリーダー） 了解しました、

その辺考察してまいります。

すみません、引き続き、四国電力、池田です。

④番、隣接スパンからの影響について、確認のほうさせていただきます。こちらのほう

につきましては、前回の会合のほうの資料、例えば、左の図の水平配管曲がり部からの影響とかにつきましては、添付の3のほうに、配管曲がり部の影響というところで、隣接部分からの荷重が加わったときの影響の話とかについて御説明資料のほうをつけてございます。右図のほうにつきましても、鉛直部分からの隣接影響という観点での御説明資料のほうをつけさせていただいてございます。こちらのほうで、基本配管設計するときにつきましては、そういう曲がり部、それから鉛直部からの影響というのを緩和できるように、低減係数とかを設けて支持間隔というのをちゃんとつめてやって、影響があまり及ばないように配慮するという設計をやってございますし、今回前回の会合で示しておりますのは、そういう影響を考慮しても直管部に対して、そういう発生応力というのは、十分保守的に定ピッチスパン法で評価できるということを御説明さしあげてございます。それを、踏まえまして、次回につきましても、そういう話を我々のほうからもう一度御説明するようになるんですけども、それ以外にそういう我々説明している観点に対して、さらに補足すべき確認事項とか、そういうものがあるのであれば、そこを御教授いただきたいんですけども。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

話のシナリオとしては、今、池田さんの言われた話で別に構わないんですが、当然隣接配管というのは、必ずしも悪影響を及ぼすかと言ったら、逆に相殺する効果で入る場合もあります。一番気にしているのは、そういう悪影響を起こすような体系、前回のところは見ているのは、それぞれが違う体系の評価だったので、一番例えば、今、極論で6ページには、書いてありますが、こういう方向の荷重条件が特に大きくなる場合どうなりますか、ということをお聞きしているだけで、ただそういう引き回しは、最初からやりません。そういう制限をかけます、という意味であれば、それも先ほど言った回答の一つだと思っています。

当然模範回答もありますので、どちらでも。定量的に示していただければいいです。

○四国電力（池田グループリーダー） 設計上の配慮としてどういう保守性があるかと、そういうところをわかりやすく御説明すればよろしいというふうに理解いたしました。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

もう一点お願いします。資料の8ページ⑥の配管の支持端の影響についてということで、まず、この図の見方というか、その意図するところを確認させていただきたいんですけど、文章からすると、下の黒い四角が固定端だろうということを確認してしまして、上は、そ

の固定端がない場合にいわゆる設計条件を模擬しているというモデルを模擬しているものという認識でよろしいでしょうか。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

そのとおりです。

○四国電力（堀内副リーダー） であれば、下の固定端というところの話と、その次の右側にある支持構造物、この関係というのは、次の9ページにございます定ピッチスパン法の左で、我々が応力評価で用いているという説明、これの状態とほぼ一致すると思っております、この定ピッチスパン法における応力評価の話も差し上げれば、この⑥番の回答になるという認識でよろしいでしょうか。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

⑥番と⑦番、これ関係しているのは、はい、そのとおりだと思っております、⑦番のほうにつきましては、この当該1スパンのところの影響というものを指しております、⑥番につきましては、その当該1スパンのさらに右側の影響、次のスパンのところですね。といったところの影響を含めて、⑥番では、御説明をいただきたいという趣旨でございます。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

了解しました。では、右側の次のスパンに対する影響ということについて御説明すると。この四角のパワポのところに書いてある最大応力点が移動すること、これを御説明することでしょうか。それとも、応力の大小についてということになりますでしょうか。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

ここは必ずしも過小評価になっているという話ではないとは思っております、おっしゃるとおり、この悪影響を及ぼさないこと、隣のスパンが当該スパンに悪影響を及ぼさないか、どうかということで、その影響の程度を御説明いただければと思います。大きさですとかですね。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

了解しました。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

先ほどの、この⑥番につきましても、見方を変えれば隣接影響というものの、その影響というところにもつながってまいりますと思いますので、その観点も踏まえて、前回会合のほうの直管部のその連続スパンの評価の保守性というところで、別紙のほうお示しさせ



ていただいているモデルがあるんですけども、それも用いながら、その辺定量的な考察と  
いうのを丁寧に御説明したいと思っております。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

よろしく申し上げます。

○四国電力（池田グループリーダー） 引き続き、四国電力、池田です。

私のほうから、⑤番につきまして、確認のほうさせていただきたいんですけども、こ  
ちらにつきましては、先ほど①番でもあったんですけども、我々事業者につきましては、  
この定ピッチスパン法の1スパン切り出したこういう振動モードのモデルというのは、固  
定端、それから片端支持ということで御説明もさせていただいております。それと比較す  
べき、実機配管を模擬した振動モードにつきましては、先ほど石黒さんのほうから説明あ  
りましたように、両端固定の等分布荷重に基づいたようなモードというところで、御説明  
しているんですけども、確認させていただきたいのは、こちら事業者としては、連続ス  
パンのモデルについては、この事業者説明していますと固定端と、片端支持のモデルとい  
うのが妥当と考えているんですけども、規制庁さんのほうでは、両端支持のこういうモ  
ードのほうが評価としては、より安全かというか、保守側になるというか、実機配管に対  
して安全側に包絡するようなモードになるという御説明だと思うんですけど、その辺考え  
方というのを教えていただけないでしょうか。

なぜ、連続スパンというものが、こういう両端支持のモードで、再現というかそれが近  
いというふうな御説明になっているのかというところを御教授いただけたらと思います。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

これ最初の御説明の中で、申し上げた話ではあるんですけども、①番と⑤番関連して  
おりますので、同じような話にはなってしまうんですけども、まず、この定ピッチスパン  
法の話は、よろしいかと思うんですが、この右側のほうの設計上の配管の振動モードの  
ところ、これは、既工認図書ですとか、先ほど出てきた耐震実証試験のところ、この両  
端がピン支持というふうになって、実際に使われておりますが、実際の配管を見たときに、  
その両端の支持というのは、Uボルトなどで支持されていますので、それで自由度があり  
ますので、完全固定というわけではないので、そういう意味で、この両方の比較をしたと  
きに、完全に固定しているようなこの左側の定ピッチスパン法よりも、自由にはなるだろ  
うと言え、3次元の解析で行っているこの両端ピン支持よりも硬くなるとういうところで、  
こういった実際の配管を真ん中に位置づけているというのが、①番の中で御説明したとこ

ろではあるんですけども、これは⑤番にも関連する話です。

○四国電力（池田グループリーダー） こちらについても実機の配管系というのは、連続スパンというものを、連続スパンのそういう配管系なんですけども、そういう連続スパンであることを踏まえても、事業者が説明している、この定ピッチスパン法のモード算定とかというものに、保守性があるというところについて、今回の御指摘を踏まえて、説明するというふうなことで考えたいと思ってございます。そういうことでよろしいでしょうか。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

よろしく申し上げます。

○関西電力（野元マネジャー） 関西電力、野元でございます。

今のところすみません。私の分かりが悪くて、御質問だったら大変申し訳ないんですけども、今の7ページの資料の中で、今の話で私理解しましたのは、この表の下の欄の振動数係数のところで、不等号二つ書いてらっしゃるんですけども、右側の不等号の設計上の配管の振動モードでのこの振動数係数と書いていただいているこの数字が、実際の配管よりも、これ大なりになっていると。ここは理屈として、こういうことなただけけれども、左側の不等号のほうは、これは、理論上そうなるのかどうかとか、実際そうなのかどうかということは、これははてな（？）マークがついているので、ここをきっちりお示しできてないので、お示しすると、そういう御趣旨なのかなというふうに理解したんですけども、私間違っておりますでしょうか。すみません。御教授いただけるとありがたいです。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

今の御説明は、この実際の配管というのが、この絵では、定ピッチスパン法の右側にきているけれども、これは場合によっては左側に来る場合もあるという、そういうことでしょうか。

○山田部長 我々が問題提起しているのは、この不等号が成立していると我々は思いますけど、違うんだったら御説明くださいということなので、野元さんおっしゃったとおりです。

○関西電力（野元マネジャー） 承知しました。どうもありがとうございました。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

②の発生モーメントの次元の相違についてなんですけれども、こちらに記載してありますとおり、1次元の場合だとMxしか出ないと。実際の配管では、3次元的にということでMx、My、Mzというのが発生するというのは、おっしゃるとおりかと思っています。そこで、一

つ質問なんですけれども、左の図で見るとMxというのがあって、右の図でMx、My、Mzとあるんですけれども、このイメージとしましては、これでいうと、左の下のほうに座標があるんですけれども、このMx方向に加振したときの応答として、1次元だと、Mxしか回っていない、当然なんですけれども、3次元だと、Mx、My、Mzが出るでしょうということをおっしゃっているというそういう理解でよろしいんですかね。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

そのとおりです。

○関西電力（石黒マネジャー） ありがとうございます。関西電力の石黒でございます。

そうしますと、私の認識で申し上げますと、この上に緑のハッチングされている箇所、 $Mx\sqrt{s_{r_{ss}}}$ をしているものがございまして、例えば、X方向に加振された場合の左辺のMx、それと、右辺のMxというのは、多分値としては、変わってくるというふうに思っております。右の図だけでいうと、多分これ2スパンの中に一つはいかんがあるだけなので、これはモデルでモデル化してしまうと、1次元であってしまって、これだと多分My、Mzというのは、これだけだと、でない形になるかと思うんですけど、実際の配管というのは、3次元的に敷設されていることを考えると、My、Mzも出てくるという、そういう理解をされているのかなというふうに思っております。そういったことを考えますと、左辺のMxのほうが、右辺の $\sqrt{Mx^2 + My^2 + Mz^2}$ よりも、大なりイコールになるのかなというふうにずっと思っております。この辺次回で御説明さしあげるという理解を一応こちらとしてはしております。

○御器谷審査官 理解は同じですので、説明よろしく申し上げます。

○関西電力（石黒マネジャー） ありがとうございます。

○関西電力（野元マネジャー） 関西電力、野元でございます。

もう一つ、私の分かりが悪かったら申し訳ないんですけど、先ほど四国堀内さんから御質問させていただいた、二次応力の考慮のところ、私、うまくそしゃくできなかったんですが、今までの御説明で、二次応力自体は、梁モデルで算出して、1次応力と両方成立するような設計をしているという御説明を差し上げてきたと思っております。その二次応力の算出において、隣接まで考えるとおっしゃっているそのイメージがよくわからなかったんですけど、何が考えられてないというふうにおっしゃっているのか、そのところを、すみません、御教授いただけるとありがたいんですけども。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国、池田です。端的に申し上げますと、多分二

次応力とかの発生が問題になるというところで、多分イメージをしやすいのは、規制庁さんの資料の8ページ、⑥番の下の図になると思うんですけども、二次応力とかが問題になるのは、配管系があって、固定端とかあった場合で、そういう固定端近くでの拘束を受けるようなところの発生応力どうなるんかというところだと思いますので、隣接影響の話とかということもあったんですけど、そういう観点で多分野元さんのほう確認されたのかなと思ったんですが。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

おっしゃるとおりのことです。これは、それぞれのやつを、隣接スパンは4ということで、着目するところを一応絞り込んで書いてありますが、実際の話は、それが総合的におきますので、池田さんのような考え方で整理されるのは、一向に構わないです。

野元さんの、御質問の件が忘れていましたので、すみません。もう一度言っていただけますか。

○関西電力（野元マネジャー） すみません。多分わかってなくて申し上げているのかもしれないですけども、先ほど隣接のみについて、これまで我々お示しして、隣々接の話が入っていないんだよとおっしゃっていた、その内容の何が足りないのかというのが私うまくそしゃくできなかつたので、御教授いただけないかという趣旨で申し上げました。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

失礼しました。隣接そのものの話は、先ほども言ったように、本当は全部総合的におきます。今まで、二次応力の説明、工認資料を含めて二次応力の説明は、曲げ管を例にした1スパン分での影響の話しか入っておりませんので、それについては、説明されていることは、承知の上です。ここで言っている一番最後に書いてある二次応力は、そういうものでなくて、もうトータルとしてみましょうと。二次応力の一番怖いのは、そこに書いてるように、これは最大支持間隔を制限するんじゃなくて、逆の最小支持間隔を決めるということになります。そこに対しては、既工認の資料でもあまり具体的に定量的には、示しておりませんので、そういう両方の間にちゃんと入っているよ、というあたりが一番気になるポイントで書いています。ただ、そういうことが起きると、隣接スパンとして、じゃあ、問題が起きるんじゃないでしょうかということ、それが一つ二次応力で固定端に対する相対変位の二次応力だったら⑥で、それが隣接スパンに行くでしょうと。そうでなくて、例えば、熱応力とか何かでしたら、④に書いてある、例えば、一番怖いのは、配管軸方向に熱膨張します。これは長い直管が熱膨張するのを、従来の説明は1スパン分の熱膨

張だけだったので、これをちゃんとトータルとして、あり得そうな長さでいいんですが、それで定量的に説明していただければいいということです。

○関西電力（野元マネジャー） ありがとうございます。

おっしゃるとおり、配管の熱変位というのは、軸方向に固定しているわけではないので、ずっとスパンをまたがってやってくるので、それに対してどうかという観点で答えよという御趣旨だというふうに理解いたしました。どうもありがとうございます。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

もう一点3次元教えていただきたい。3ページ、①の資料、⑤も同じなんですけども、これの右側に書いてある設計上の配管最大値、この設計上というのは、定ピッチスパン法による設計とは当然違うと思うんですけど、どういった設計を考えておられるのでしょうか。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

先ほど、最大値のところを御説明したんですけど、あくまでもこれも既工認図書での3次元モデル解析における設計上という意味とか、そういう意味でございます。

○四国電力（堀内副リーダー） わかりました。3次元梁モデル解析による設計の最大値という意味ですね。了解しました。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

⑤について、もう一点確認させていただきたいことがあるんですけども、事業者示しております固定端支持、固定端片端支持の場合のモードの出方と、規制庁さん示しております両端支持の場合のモードの出方ということで、この確認の意味というのは、事業者のモデルに比べて、規制庁さんが設定したような両端支持とかになれば、事業者が考えているよりも、もっとやわらかいようなモードというのが、出てくるんですけども、そういうのが、応力評価とかも含めて、事業者が言っている定ピッチスパン法も考えているモデル、それから評価方法というのが、保守性をもっているというところをお示しするようなことを考えているんですけども、そういう流れで、理解のほうあっていますでしょうか。多分、固定端に事業者側のほうなっていますので、その応力評価をするときに多分振動のモードとか、刺激係数の話とかありますので、出てくるモード、出てきにくいモードとかありますので、そういうのも絡めた多分御回答になると思うんですけども、そういうのがわかりやすいような形でお示しするというところでよろしいでしょうか。

○御器谷審査官 規制庁の御器谷です。

今の御質問の件で、要は、設計上は、工認の標準的な3次元のモデルでやって、これは

連続体にしても基本的には、そんなに変わらないはずなんですけど、それはあくまでも設計上の話で、定ピッチスパン法に保守性があるのは、その3次元に対して保守性があるのは、それはベター論ですが、必ずしもそうではなくて、実配管に対して、保守性があればいいという観点です。だから、そういう点で、説明していただければいいんですが、そのときの実配管というのも、実際の配管の支持構造物の設定の仕方とか、いろんなケースを考えた上で、お話をしていただければあまりにも理想的な現実的でない実配管を想定されて、それを比較されても仕方がないので、ある程度、その実配管として使える配管の体系を考えたものと比較をしていただければいいと思います。

○四国電力（池田グループリーダー） 実配管として使える体系というところなんですけども、そういう一般性のあるように説明を心がけるようにいたしますので、そこはやらせていただきます。一般性のある説明ということで。

○関西電力（藤井部長） 関西の藤井でございます。

①から⑦の各論についての質問かなりもう出たかなというところがあるので、ちょっと根本というか、前提で御説明されたことについて、私の理解のために確認させていただきたいんですけども、資料の10ページのところで、この配管の固有周期（設計）と書かれたものと、配管の固有周期（実際）と書かれた、実線と破線のところがあって、破線のところの応答加速度と、この実線のところの応答加速度の読み取り値、これが設計のほうが大きくなっていると、これがマージンであるという御説明があって、これ、実際のこの床応答スペクトルは、実際には、この破線になっている、点線になっている、赤の点線になっているものを、谷埋めピーク保持みたいな形でこういう形をかさ上げしているという形になるので、例えば、今、配管の固有周期（設計）と書かれたところ、ここで見ても、例えば、どんぴしゃだったとしても、実際の応答加速度を、この床応答スペクトルのこの水平のところまで、かさ上げたような形になっていると。ここでいうところの実際というところのこの破線が、どこにあるかというのは、これ一つずつ調べてみないとわからないんですけど、事業者としては、これが設計よりも、左側にさえあれば、これがどの程度のマージンをとらなきゃいけないのか、というところは、保守性のクレジット、これにとらなかつたとしても、左にさえあればいいという考え方だと思うんですけども、その一つの考え方は、クレジットを取っているわけではないにしろ、この水平になっているところと、この点線のところの床応答スペクトル、この読み取り値にそもそもマージンをもっているというので、間接的な説明にはなるのかなという気があるんですけども、そこを補足いた

だければと思います。

○山田部長 今の藤井さんの御指摘は、①の前段で申し上げた、一つ目の論点が消えている場合はおっしゃるとおりだと思います。要するに、かさ上げが必要だからかさ上げしているのか、安全のためにあえて取っているものかというところが、多分我々今問いかけているのと、藤井さんが御説明されたので、ずれているんだと思います。

○関西電力（藤井部長） 関西の藤井でございますけど、ということは、今日、いただいた論点で、我々、次御説明させていただいて、定ピッチの応力評価というものがきちんできていくという前提になれば、そもそもこのかさ上げの-marginみたいなものがとらなくてもよくなるので、その説明で、今の議論は払拭されると……。

○山田部長 その場合は、より安全なものにするために、こういうことで考慮していますという御説明が-marginの取り方の多寡によらず、そういう説明があれば、それはそれで我々は納得できる話だと思います。

○関西電力（藤井部長） 承知いたしました。ありがとうございます。

○山田部長 よろしいですか。他に御確認いただくことは。よろしいですか。

それでは、一応問題設定については、前回混乱しましたけど、今回はここでセットができたということで、この問題意識で御説明を次回お願いするというので、進めさせていただければと思います。

じゃあ、よろしければ、これで今日の会合は終了させていただきたいと思います。

どうもありがとうございました。