

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5月24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5月24日（木） 14：00～16：40

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
竹田 雅史	実用炉審査部門上席安全審査官
中川 淳	実用炉審査部門上席安全審査官
津金 秀樹	実用炉審査部門主任安全審査官
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専門職
堀野 知志	実用炉審査部門技術参与
吉田 匡志	地震・津波審査部門上席安全審査官
植木 孝	地震・津波審査部門主任安全審査官
岩永 宏平	技術基盤課課長補佐
川内 英史	地震・津波研究部門首席技術研究調査官

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
今村 瑞	原子力事業統括部原子力リスク管理グループ	担当

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

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

四国電力株式会社

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

上田 親彦 原子力発電本部 部長

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）総括マネージャー

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
- 資料2 定ピッチスパン法を適用するにあたっての事業者見解について

#### 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。

定刻になりましたので、ただいま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を始めたいと思います。

本日は、この議題について、まず、原子力規制庁から本会合を開催することとなった経緯と、配管支持間隔の設定方法に係る論点について説明をします。その後、事業者から見解をお聞きし、質疑応答をするという形で進めたいと思います。

なお、議事に入ります前に、出席者の皆様方に御注意をいただきたいんですけども、本日の配布資料2につきましては、一部に黒塗り、機密に係る事項が含まれていますので、中継を行っているカメラには該当部分が映り込まないように御注意をいただければと思います。

それでは、原子力規制庁から資料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説明をさせていただきます。

○御器谷審査官 原子力規制庁の御器谷です。

それでは、資料1に基づきまして御説明申し上げます。

まず、1番、経緯でございます。九州電力株式会社川内原子力発電所1号機における特定重大事故対処施設の設置に係る工事計画認可の審査におきまして、主要な論点となったもののうちの耐震設計における配管支持間隔の設定方法が特重施設に限らない一般的な論点でございます。それに加えまして、関西電力株式会社等から九州電力がとった対応方針とは異なるという見解が示されておりましたため、先週の16日、原子力規制委員会におきまして、本件を公開の場で見解を聴取することになったものでございます。

2番、配管支持間隔の設定方法に係る論点でございます。(1)としまして、定ピッチスパン法について一般的な説明を書いております。耐震設計における配管支持間隔の設定方法としまして、JEAG4601-1987年版に従いまして、小口径または低温の配管に適用する簡易評価手法であります、定ピッチスパン法が用いられております。定ピッチスパン法は、自重や、地震荷重などによる一次応力のみを考慮した簡易評価手法でありますので、これを適用する場合におきましては、JEAG4601の応力基準の定ピッチスパン法において、配管系全体の固有振動数は、建屋床応答スペクトルのピークの振動数領域を避けることを原則とされております。

こういった定ピッチスパン法の一般論に続きまして、九州電力の対応でございますが、1番で御説明しました川内1号機の特重工認の審査におきまして、九州電力は、水平2方向及び鉛直方向のそれぞれについて、JEAG4601の応力基準定ピッチスパン法に基づいて、配管系全体の固有振動数は、建屋床応答スペクトルのピークの振動数領域を避けて配管支持間隔の制限値を設定したことを示しました。

それに対しまして、(3)番、関西電力等の見解と論点でございますけれども、関西電力等の考え方については、以下にあります①、②の二つということで、九州電力の対応を受けまして、電気事業連合会から関西電力の考え方を説明したい旨の申し出がございまして、先月になりますが、4月25日と、27日に面談を行いました。

そこでの整理した論点としまして、①番、JEAG4601における配管の固有振動数が建屋床応答スペクトルのピークの振動数領域を避けるとの原則は、動的に考慮する水平2方向及び鉛直方向の地震力のうち、最も大きいピークを短周期側に避けるものを指しているという解釈しているということ。それから、二つ目、定ピッチスパン法は、配管に発生する応力が許容応力を満足する範囲内で設計している限り適用可能であり、ピーク振動数領域かどうかによる適用範囲が限定されるものではないということの2点が見解として示されました。

これに対しまして、その面談におきまして、原子力規制庁は、関西電力等から示された解釈がJEAG4601に明示されておらず、また、新規制基準の前後で、鉛直地震力ですとか、水平2方向と鉛直方向の組み合わせなどの考え方が見直されており、そういった違いですとか、配管系の固有振動数が建屋床応答スペクトルのピークの振動数領域にあり、建屋と配管の共振が生じた場合の応力の増幅の影響、具体的に申し上げますと、隣接配管からの影響ですとか、圧縮応力による影響など、こういったものを踏まえても適切に考慮されているかどうかを公開の場で確認する旨指摘させていただいております。

本日は、こういった経緯を踏まえまして設定されたものでございまして、関西電力等の見解、それから、我々、原子力規制庁の指摘というものが明確になっております。

この資料の位置づけでございますけれども、川内原子力発電所の審査結果と、それから4月25日並びに27日の面談の議論を踏まえて取りまとめたものが先週の5月16日の原子力規制委員会に公開の会合で審議された紙に至っております、それをさらにコンパクトに1枚にまとめた紙が本日の5月24日のペーパーになっております。

説明は以上です。

○山田部長 それでは、資料2ということで、事業者見解についてという資料をまとめていただいています。今日クレジットは全社になっているみたいですが、関西電力から御説明をいただくということですので、よろしく申し上げます。

○関西電力（藤井部長） 関西電力の藤井でございます。

御説明に先立ちまして、まず、資料の構成等について御説明いたします。

資料は、クレジットの入ったパワーポイントの本文、それから、別冊でとじている添付及び別紙で構成してございます。さらに、お手元には、参考資料として分厚い資料を御用意してございます。本日の御説明は、主に本文資料でさせていただき、他の資料は、適宜御質問があった場合等に参照いただく資料となります。

本日の資料は、添付、別紙を含めて、資料表紙に記載しております12社連名のものとなっております。分厚い資料のほうは、工事計画認可されましたプラントのこれまでの審査における定ピッチスパン法に関する審査資料の抜粋となっており、個社の資料を合本したものでございます。御説明の後の質問には、本日出席しております12社の者が適宜分担して回答させていただきます。

それでは、パワーポイント本文により、定ピッチスパン法を適用するに当たっての事業者見解について御説明いたします。

1ページを御覧ください。今回の説明に至りました経緯について簡単に記してございます。5月16日の原子力規制委員会における議論を踏まえまして、定ピッチスパン法を適用するに当たっての事業者の見解を聴取すると連絡を5月22日にいただきました。本日は、4月25日及び27日の原子力規制庁殿の御指摘も踏まえまして、ここに記しております事業者の見解について御説明させていただきます。この事業者見解は、九州電力を含め、表紙に社名を記載の各社に共通のものとなっております。

なお、九州電力におきましては、川内1号機特重工認に係る審査において、鉛直方向の

地震力による建屋と配管との共振が生じた場合の応力の増幅の影響についての説明にかえて、お示しした設計方針を今後の設計においても適用することとしていることを申し添えておきます。

2ページをお願いいたします。本日の御説明内容を記してございます。規制庁殿の御指摘を踏まえまして、事業者見解の適切性について技術基準適合性の観点から御説明いたします。なお、JEAG4601-1987には、応力基準の定ピッチスパン法と振動数基準の定ピッチスパン法の二つが記載されておりますが、御指摘の趣旨を踏まえて、ここでは応力基準の定ピッチスパン法について述べさせていただきます。

まず、事業者見解ですが、ポイントは2点でございます。1点は、JEAG4601-1987に記載の建屋床応答スペクトルのピークの振動数領域を避けるとの原則は、最も大きいピークを短周期側に避けるということ。2点目は、定ピッチスパン法は配管に発生する応力が許容応力を満足する範囲内で設計している限り適用可能であり、ピーク振動数領域がどうかにより適用範囲が限定されるものではないということ、この2点でございます。その下に記しております規制庁殿の御指摘を踏まえまして、次ページで事業者見解について御説明いたします。

3ページを御覧ください。まず最初に、定ピッチスパン法がどのような手法であるかを簡単におさらいいたします。定ピッチスパン法による配管設計では、設計上の配管支持間隔の制限値を定めて、実際の配管支持間隔がこの制限値以下となるように施工しています。設計上の配管支持間隔の制限値のことを標準支持間隔と呼んでいますが、これらを定める際には、標準支持間隔での固有周期における床応答加速度から算出される発生応力が許容応力以内となることを確認しています。

標準支持間隔が設定されるまでのフローを示しています。まず、左上ですけれども、配管諸元から解析モデルを作成し、配管支持間隔をある長さに仮決めします。そして、その解析モデルの固有周期 $T$ を算出します。そして、右の図ですけれども、ここでは、先ほど算出した固有周期 $T$ から、それに対応する加速度 $a$ を算出します。次に、左下の図ですけれども、先ほど算出した加速度 $a$ を入力として解析により発生応力 $\sigma$ を算出します。最後に、右下ですけれども、算出された発生応力 $\sigma$ と許容応力を比較し、発生応力 $\sigma$ が許容応力以内であるか確認します。このように、許容応力を満足することが確認された最大の支持間隔を標準支持間隔として設定します。

4ページをお願いいたします。ここでは、定ピッチスパン法を適用するに当たっての床

応答スペクトルに対する設計上の配慮について御説明いたします。まず、先ほど御説明いたしましたように、定ピッチスパン法による配管設計では、実際の配管支持間隔が標準支持間隔以下となるように施工いたします。この図にありますように、床応答スペクトルがもし右肩下がりの領域にあれば、標準支持間隔を設定した場合には、施工時に支持間隔を標準支持間隔より狭くすると固有周期が短くなりますので、標準支持間隔のときよりも大きな加速度が作用することになってしまいます。つまり、設計で想定したよりも大きな応力が実際の配管に作用する可能性があるということです。これは、非保守的な設計となる可能性があるということであり、こういったことは絶対に避ける必要がございます。

したがって、定ピッチスパン法を適用するに当たって最も重要なことは、床応答スペクトルが右肩下がりの領域での設計を回避するということでございます。

5ページお願いいたします。ここに床応答スペクトルの図が示してございますけども、床応答スペクトルは、建屋の卓越周期のところで応答加速度が大きくなります。左の図でピークになっているところがそれに相当するものです。ピークになっているところの右側は、まさに4ページで述べた床応答スペクトルが右肩下がりにになっているところであり、そういった領域での設計を回避することが設計上、必須となります。

具体的にどのようにして右肩下がりの領域での設計を回避するのかについて御説明いたします。ここでは二つの手法について説明しています。まず、左の図ですけども、こちらは床応答スペクトルをそのまま使う場合になります。この場合は、全てのピークを短周期側に回避した領域、この図でいいますと緑色のところ、この領域のみが右肩下がりの領域での設計を回避できるということになります。

一方、右側の図ですけれども、こちらは床応答スペクトルに対して、谷埋め、ピーク保持を行い、この赤の線ですけども、こういう形の谷埋め、ピーク保持を行い、右肩下がりとならないようにしたもの、これを使う場合でございます。この場合は、緑で示す全ての領域において右肩下がりの領域での設計を回避できてございます。どちらの手法によりましても定ピッチスパン法の適用の大原則である右肩下がりとなる領域での設計を回避することが実現できているということになります。

ここで申し添えますと、左のような方法は、ほぼ振動数基準の定ピッチスパン法に相当するものという形で考えてございます。

次、6ページを御覧ください。ここでは、JEAG4601-1987に記載のピーク振動数を避けることを原則とする、これについての考え方を御説明いたします。まず、JEAG4601-1987の

まえがきに記載されている内容を説明いたします。これは、一番上の青囲みの中にございます。JEAG4601-1987は、それまでに事業者が適用していた設計手法で許認可実績があるものを記述したものとなります。二つ目の枠囲みには、JEAG4601-1987の配管系全体の固有振動数は、建屋床応答スペクトルのピーク振動数を避けることを原則とする、を記載してございます。ここでいうピーク振動数を避けることを原則とするというのは、最も大きなピークを短周期側に避けることを指してございます。このことは、JEAG4601に明記されているわけではございませんが、1987年よりも随分と前に刊行されている1970年版のJEAG4601に三つ目の枠囲いのような記載がございます。ここには、配管の一次振動数を建物の一次固有振動数前後を避ければ大体安全側になることが予想されると記載されてございます。このように、1970年当時から既に取り入れられていた設計上の配慮でございます。

一つ目の枠囲みにありますように、JEAGは、事業者が適用した設計手法で許認可実績があるものを記述したものでありますので、1987年時点で既に取り入れられていた設計上の配慮である最も大きなピークを短周期側に避ける、がJEAG4601-1987にピーク振動数を避けることを原則とするという形で記載されました。この設計上の配慮は、必ずしも安全確保上必須のものではありませんが、踏襲され、現在に至ってございます。

7ページを御覧ください。ここでは、応力を満足する限り適用可能であり、ピーク振動数かどうかにより適用範囲が限定されないということについて御説明いたします。定ピッチスパン法では、前述のとおり、床応答スペクトルの読み取り加速度を用い、標準支持間隔を設定いたしますが、そもそも床応答スペクトルは、各固有周期での共振状態を模擬して、その最大加速度を求めているものですので、共振状態は既に考慮されたものとなっております。

イメージを記載していますが、時刻歴の地震波は、さまざまな周期の波が重ね合わさったものであり、それを一地点のある剛性を持った単純モデルに入力すると応答が増幅されますが、その増幅された応答の最大値を剛性に応じて算出して、線図上にプロットしたものが床応答スペクトルになります。したがって、床応答スペクトルでピークになる領域や建物の卓越周期であることで何か特別な状態にあるわけではなく、応答増幅が他の周期に比べて大きいというだけのことになります。

また、標準支持間隔は、地震力や配管仕様、系統条件を考慮したのですが、配管仕様や系統条件は、モデルや許容値の前提条件となっているだけであり、結局は入力加速度に応じた配管支持間隔が設定されますので、極端に言えば、異なる床応答スペクトルを適用

した場合でも、その読み取り加速度が適用すべき床応答スペクトルと同じであれば、同じ標準支持間隔になります。したがって、床応答スペクトルの加速度を用いて、定ピッチスパンで応力評価している以上、床応答スペクトルのどの領域から読み取ったかによらず、つまり、ピーク振動数領域かどうかにかかわらず、評価は可能であり、建設時同様、発生応力が許容応力を超えない限り適用できます。

8ページを御覧ください。このページは、面談で御指摘いただいた新規制基準前後で見直された考え方を踏まえても、事業者の見解が適切かどうかを確認するというものに対する回答でございます。新規制基準前後で見直された項目として、鉛直地震力を動的に考慮すること、水平2方向の考慮を上げてございます。安全確保上必須ではない設計上の配慮事項として、従前と同様に、最大のピークを短周期側に避けることとしており、鉛直地震力を動的に考慮するとしても、それは同様であって、新規制基準の影響が生じるものではございません。水平2方向の考慮についても、新規制基準の影響が生じるものではございません。

9ページを御覧ください。建屋と配管の共振が生じた場合の影響について、隣接配管からの影響と発生応力による影響について確認するよう御指摘いただいたものに対する回答でございます。先ほど述べましたとおり、共振が生じた場合でも、適切に応力が算出されるため、地震力自体が大きくなったとしても設計が何か変わるというものではないと考えてございます。

御指摘といたしまして、共振が生じた場合ということですので、それをピーク振動数領域と解釈してございます。ピーク振動数領域を模擬するため、全周波数域で一定加速度の床応答スペクトルを用いて定ピッチスパン法で考慮している2スパン3点支持モデルによる結果と、隣接配管からの影響や圧縮応力による影響が考えられるような3次元はりモデルによる結果を比較して確認してございます。隣接配管からの影響といたしましては、定ピッチスパンで求めた振動数と応力との比較対照として、さらにエルボやT字管を付加したモデルを構築し、応答解析を行った結果の振動数と応力を求めてございます。

圧縮応力による影響といたしましては、同様に定ピッチスパン法で求めた振動数と応力の比較対照として、通常的设计では採用しないような大きな圧縮応力が発生しやすい条件で圧縮応力を発生させるモデルにて算出した振動数と応力を求めてございます。その結果、いずれの場合も定ピッチのほうが保守的に結果を与えていることを確認してございます。したがって、隣接配管や圧縮応力による影響は考慮不要と考えてございます。

最後、まとめでございます。10ページを御覧ください。定ピッチスパン法を適用した配管支持間隔の設定にあたっては、右肩下がりとならないよう床応答スペクトルに谷埋め／ピーク保持を行った設計用床応答スペクトルを使用し、最も大きいピークを短周期側に避けたうえで、配管に発生する応力が許容応力を超えないことを確認しており、必要な耐震性は確保されると考えてございます。新規制基準の前後で、鉛直地震動及び水平2方向と鉛直の組合せ等の考え方が見直されていることを踏まえましても、このことが変わるものではないことから、事業者見解は適切であるという形で考えてございます。

あと、最後ですけれども、今回のように、事業者見解を説明させていただくことになった、この要因について少し考えるところを述べさせていただきたいと思います。

一つは、規制庁殿の御指摘にもございましたが、我々が実際に実施していることについて、JEAG4601-1987の記載が明確でなかったというところがあるかと考えてございます。定ピッチスパン法について、耐震安全性を確保する上での要求事項が何か、それを満足するものとしてどのようなものがあるかが必ずしもJEAG4601-1987で明確でなく、曖昧であったという形で考えてございます。さらに、それに基づきます工事計画認可申請書におきましても、我々がわかりやすい形でお示しし、丁寧に御説明するというところがやや欠けていたのではないかとという形でも考えてございます。さらに、新規制基準が導入され、申請実績も蓄積されているにもかかわらず、それらを反映したJEAGが審査に使用されていないという問題もあるという形で考えてございます。

今回、御説明させていただいたような内容は、解釈の相違が生じないように、規格に丁寧に記載されるべきものであり、日本電気協会殿にも今後必要な働きかけを行ってまいりたいという形で考えてございます。

私の説明は以上でございます。

○山田部長 どうもありがとうございました。

特に最後のコメントまでつけていただいたのは、本当にありがたいと思います。こういう形でフランクに意見交換をして、自分たちの考えているところを理解し合うというのは非常に大事だと思いますので。

それで、とはいいいながらなんですけれども、今、御説明を伺わせていただいて、やっぱりまだ、正直申し上げてすれ違っているので、今日ここで議論をしないといけないなというふうに考えております。

それで、中身の議論をする前に、説明していただいた資料を正しく理解してないと、ま

た理解がずれていることによって議論がすれ違う可能性があるので、最初に資料の中身でわからないところを確認する質問をしていただいて、中身をよく理解した上で、実際に議論をするという形にさせていただければというふうに思います。

ということで、ちょっと私から外形的なところでお尋ねをしたいんですけども。我々はこの会合を持たせていただくに当たって、個別の会社さんの見解として御説明をいただきたいということで、事業者まとまってではなくてということをお願いをしたんですけども、今日は全社が名前を並べた形で、電事連ではなくて個社で書いてきていただいているんですけども。ここで書かれていることは、1ページ目の一番最後のところに、九州電力についてなお書きがありますけれども、ここで連名をされた方々は同じ考え方ということでよろしいでしょうか。

○関西電力（藤井部長） そのとおりでございます。

○山田部長 九州電力については、なお書きってなっていますが、九州電力は、必ずしもこれとは違うということで、ここになお書きが書いてあるということでよろしいでしょうか。

○九州電力（上田部長） 九州電力の上田でございます。

私どもは、先日の審査会合、これまでの審査におきまして、ここの説明性、ないし、信頼性の確保という観点から、新たに鉛直地震力の影響についてピークを避ける、または、それを小さくする設計とする方針を示させていただきましたので、それにつきましては、実施させていただきたいと。それは変わりません。

○山田部長 ありがとうございます。

それじゃあ、規制庁側から、中身の確認のための質問をお願いします。

○御器谷審査官 原子力規制庁の御器谷です。

資料、本日、初めて拝見したので、十分に理解できてないところあるかと思いますが。まず、事実確認を二つさせていただきたいと思います。一つ目ですけれども、右肩のページ数、6ページ目です。枠囲いの二つ目に、配管系全体の固有振動数は、建屋床応答スペクトルのピーク振動数を避けることを原則とすると。これがJEAG4601の抜粋という形で記載いただいているかと思いますが、JEAGについては、ピークの振動数領域を避けることを原則とするということで、決してピークの振動数、ピンポイントを示しているものではなくて、拡幅などの領域の範囲を避けるといった形で示されているものではないかと思います。

資料は、後にピーク振動数領域と書かれている箇所が幾つか出てきておりますので、この資料において、ピークの振動数を避けているのか、振動数領域を避けているのか、どちらを説明されているかということをも、お伺いしたいと思います。

2点目です。資料でいいますと、2ページ目の事業者見解に書いてあります二つ目のぼちです。ここで、配管に発生する応力が許容応力を満足する範囲内で設計している限り適用可能であり、ピーク振動数領域かどうか、適用範囲が限定されるものではないという記載がございます。この記載と、それから、最後の10ページ目のまとめで書いてありますが、一つ目の丸です。この後半部分、最も大きいピークを短周期側で避けたうえで、配管に発生する応力が許容応力を超えないことを確認しており、必要な耐震性は確保されている。

ここは御説明いただいている内容が、異なった内容を説明されているのではないかと思いますので補足いただきたいと思っております。以上です。

○日本原燃（大久保部長） ただいまの御質問につきまして、日本原燃から回答させていただきます。

まず、1点目の御質問でございますけれども、配管系全体の固有振動数は、建屋床応答スペクトルのピーク振動数を避けることを原則とするという記載につきましては、御指摘のとおり、JEAGのほうにつきましては、建屋床応答スペクトルのピーク振動数領域を避けることを原則とするということで、記載そのものにつきましては、御指摘のとおり、ピーク領域ということで、ここについては修正が必要だと思っております。

2点目の御質問でございます。2点目の御質問につきましては、まず、御質問の趣旨は配管に発生する応力が許容応力を満足する範囲内、これは説明させていただいた資料の5ページ目にポンチ絵が描かれておりますけれども、この周期方向について、全ての領域で設計が可能であるということを示していることとございますけれども、JEAGに記載しておりますように、ピークを避けて設計ということが基本的な思想として書かれておりますので、私どもといたしましては、この精神を踏襲した上で、このピーク領域を短周期側に避けるということを前提に設計を進めてございます。

回答は以上でございます。

○御器谷審査官 原子力規制庁の御器谷です。

そうしますと、一つ目につきましては、この資料全般的にピークといった、ピーク振動数といった記載はありますが、ピーク振動数領域ということで理解いたしました。

2点目でございますが、今の御説明によりますと、5ページ目のところの赤線の話かと思

いますが、最も大きいピークを短周期側に避けるということであれば、緑の、この右側の手法2のほうの緑のラインが最も大きいピークの左側に来るという理解、緑のラインは、左側の左肩よりもさらに左側に来るということで理解してよろしいでしょうか。

○日本原燃（大久保部長） 日本原燃、大久保より回答させていただきます。

今の回答を補足させていただきますと、設計として対応できる許容範囲というのは、この全ての領域で設計の適用は可能でありますけれども、そのうち、私どもとしては、このピークよりも剛側の領域で設計を実際にはやっている、ということでございます。

○御器谷審査官 原子力規制庁の御器谷です。

そうしますと、今はお答えいただいた原燃さんの設計はそのようであって、それは全ての会社さんにも同じという理解でよろしいのでしょうか。どのように進めていけばよろしいか、ちょっとわからないんですけれども。

○関西電力（藤井部長） すみません。関西電力の藤井でございます。

基本的にそのとおりでいいんだと思います。ちょっと今、質疑の中で、この緑のところというところは、この5ページにあるように、床応答スペクトルが右肩下がりにならないところというところで緑で示したものであって、設計する範囲をいったものではないので、ちょっとそこは一言だけ申し添えます。

○四国電力（黒川部長） すみません。四国電力の黒川ですけど。

少し議論があれなんですけど、2ページのところは、もともと事業者の見解であるとして御指摘いただいているところをドストライクで書いていますんで、そこだけ論点として、ぱしっと上げさせていただいています、スタートで。それに対して、先ほどの緑の範囲、5ページのところは、直球で回答していると。

ただ、実際には、先ほど日本原燃のほうから申し上げましたように、最大を避けると、最大の領域を避けるということと、こういうことをやっていると、その間までは適用できますということを言っているんで、資料の構成上、そうなっていますということで、大きな誤解はないかなと思うんですけど、お互いに。

○御器谷審査官 原子力規制庁の御器谷です。

確かに実際の設計においては、一番大きなピークよりも剛側、短周期側で設計をするというところで、今、私どもの見解と、それから、事業者の見解の相違はないものと。あとはJEAGの解釈上、どこまで可能としているかというところは、若干残っているのかもしれませんが、そこはちょっと置いといて。

そうしますと、ここにいらっしゃる事業者は、設計方針として、最も大きいピークを剛側に、短周期側に避けるというのが総意と、設計方針としてお持ちであるというふうに理解しました。

○山田部長 ほか、いかがでしょうか。

○高木審査官 規制庁の高木です。

最も大きい加速度ということで、関連して質問します。プラントごとに地震波ですとか、建物の床……。

○山田部長 資料の中身の確認をまず先にしていただけますか。内容についての議論はこれからしたいと思いますので。

○高木審査官 そしたら、8ページですね。8ページ、大小関係のあるX、Y、Zがあるんですけども、この今、三つの波が大中小となっていますけれども、例えば左側の波が一番大きかった場合には、最も大きい波を避けるという、そういう見解でしょうか。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

その建屋の配管設計に使う制限振動数という考え方につきましては、その建屋単位で鉛直、水平の床応答を建屋の下層階から上層階、全て包絡しましたもの、それを見た上で、最も大きいピークを剛側にかわすということを実際、プラクティスとしてはやっております。

○高木審査官 規制庁の高木です。

明確に教えてください。8ページの絵で、例えば鉛直の一番左側、短周期側の赤い波がもし一番大きかったらば、それを避けるんでしょうか、イエスかノーで結構です。

○四国電力（池田グループリーダー） 建屋の制限振動数として、鉛直が一番高いということになれば、それを避けるということになります。おっしゃるとおりです、それは。

○山田部長 ほか、どうでしょう。

○津金主任審査官 規制庁、津金です。

先ほど山田のほうからも少し指摘があったんですけども、1ページ目のところの一番下のなお書きの部分。先ほどの御説明ですと、九州電力の特重工認において説明された内容は、そのまま踏襲していくというお話だったんですけども、それ以外の、まだ審査が続いているところも含めて、九州の特重のような設計の考え方をを用いるところはほかにはないという理解でよろしいですか。

○日本原子力発電（上屋副長） 日本原電でございます。

当社の東海第二におきましては、まさしく現在、工事計画の審査を実施していただいているところでございますけれども、その運転上、認可の申請を踏まえれば、実際その審査期間が非常にタイトな状況でございます。これらの状況を踏まえまして、今回定ピッチスパン法は適用に関わる、当社見解としても、本日御説明させていただいたとおりでございますけれども。そういった状況を踏まえまして、東海第二に関しましての個別の設計方針につきましては、川内の特重と同様な対応をさせていただきたいと考えているところでございます。以上です。

○津金主任審査官 規制庁、津金です。

今、日本原電のほうから御説明ありましたけれども、他社においても同じように、九州特重のような考え方をを用いるのであれば、そのような考え方も当然あり得ると両論併記すべきと考えるんですけども、いかがでしょうか。

○山田部長 ちょっとそれは中身に入るのです。もうそれは後にしましょう。

ほか、いかがでしょうか。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

先ほど高木がちょっと質問していたページ、8ページですか。これ、最後のほうで結論でも水平2方向及び鉛直方向を規則では適切に組み合わせると書いてあると思うんですが、それについての説明は多分ここに表わされているという理解です。

それで見えていったときに、水平と鉛直の組み合わせの話については、ここに記載されていますが、水平2方向の組み合わせ、これは多分、各社さん共通だと思うんですけど、どなたか、ここにはその処置が書いてないので、単純に答えることですよ、それをちょっと回答いただけませんか。どの社でも構いません。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

水平2方向の入力の影響につきましては、お手元の資料の別紙、こちらのほうの項目の6番のほうに示してございます。ページめくっていただきまして、番号で27ページでございます。ちょっと簡単に申し上げますと、まず、配管系につきましては、水平配管、こちらへの水平2方向入力の影響でございます。

こちら、図のほう示してございますとおり、まず、水平配管、こちらにつきましては、2方向の入力を考慮した場合におきましても、その荷重というのは水平1方向の地震力と同等であるということから影響は軽微であるということでございます。

もう一つ、ページをちょっと繰っていただきまして、鉛直方向、28ページでございます

が、鉛直配管のほうの水平2方向への影響につきましては、こちら、水平2方向の影響を受ける可能性はあるんですけども、その影響というのを個別にケースで確認した結果、従来の水平1方向での設計の保守性、こちらには、実際鉛直系の配管では発生しないような自重、鉛直地震とかを見込んでいるんですけども、こちらでもともと見込んでいた余裕に包絡されるということを確認しております、影響を受ける可能性というのはないというふうに考えてございます。

こちら、パワポのほうに示しております内容につきましては、これまで新規制工認の認可を受けたプラントにつきましては、審査の中でいろいろ御説明とかをさせていただいているものでございます。

○吉田上席審査官 細かいことは、今言っていたいたんですけど、要は、先ほどの全体のページで、水平と鉛直はSRSSで組み合わせますというのと同様に、先ほどの記載を見ていたら、水平2方向もSRSSをしますと、そういう理解かなと思います。それであれば、水平2方向及び鉛直方向は、水平2方向と鉛直、全てをSRSSすると、そういう理解でよろしいですか。

ただし、建設時で使っているような定ピッチのように、発生する地震力が考慮すべき方向かどうかを全く考えないというのではなくて、そのときには、今回は建設時とは違って、要するに水平と鉛直を絶対和するような方向性の違いを考慮しないというやり方ではなくて、方向性の違いを見て、配管の軸方向に関係する入力は足し合わせはしませんと。それ以外については、ベクトルはSRSSをしてやった値を網羅できるような設計値でやられている、そういう意味でよろしいですよ。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

先ほどの御質問のまず1点目、初めのほうにおっしゃられていた水平2方向と鉛直方向、全てのSRSSを実施するかという話、そちらについてだけちょっと御回答させていただきます。

こちらにつきましては、水平1方向と鉛直方向、こちら2方向の組み合わせを従来から、従来設計としてSRSSをしております。その結果と水平2方向、鉛直の組み合わせの影響結果を評価した結果、水平と鉛直の1方向と1方向のSRSSの結果に包絡されているということをもって、水平2方向と鉛直1方向の影響は軽微という判断をしておりますので、耐震評価においては、水平1方向と鉛直方向、こちらのSRSSをしているという認識でございます。こちらで審査を今、審査のほうをいただいて、結果をお示ししているというものでござい

ます。

すみません、後半のほうにつきましては、少し理解ができなかったもので、もう一度、御質問のほうをお願いできますでしょうか。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

すみませんでした。ちょっと長々としゃべったので、伝わりにくかったと思いますが。今お答えしたことも全部踏まえて、今お答えされたのは、具体的に、それを代表できるような包絡できるようなもので設計をしていますということのお答えですけど、考え方としては、だから、建設時とか昔の定ピッチスパン法みたいに方向性を考慮しないのではなくて、方向性を考慮して、そのときに必要な組み合わせのものはSRSSで考えると。そのうちの一番大きなものを設計値として工認のほうに申請された、こういう言い方をすればよろしいでしょうか。

ちょっとまだわかんない。実際には、例えば水平配管については、水平2方向がかからないという説明がここに書いてあります。だから、その水平1方向と鉛直と、あと、自重ですか、これをベクトル和しますと。これが実は、ほかの向きの配管のそういう地震力の組み合わせよりも一番大きくなるので、これが代表で出しておりますと。

その代表であることの説明として、それは鉛直配管の場合は、鉛直と自重はかからないので、水平2方向だけの組み合わせです。それをSRSSした値というのは、水平配管の水平1方向と鉛直1方向プラス自重ですか、これで決まっていますので、提示しているのはそれを出しています。考え方としては、ちゃんと水平2方向及び鉛直方向の方向性、実際その配管に係る方向性で、ただし、配管軸方向への入力はないものとして選んでちゃんとやっております。そういうことですよ、ということをお聞いただけです。

○四国電力（池田グループリーダー） 配管軸方向につきましては、定ピッチスパンで評価するときに、曲げモーメントが発生するというふうな荷重の向きにはならないので、そのような御理解でよろしいと思います。

○吉田上席審査官 だから、記載は書いてないけど、ちゃんと全部考慮して、必要なものは、ただし、絶対和ではなくて、SRSSで考慮したもの、それを包絡できるものでやっておりますという、それを最初にお聞きしたんです。よろしいですよ。

これは各社さんも、みんな同じでよろしいですよ。

○山田部長 お答えがなければ、そうだとすることで理解をさせていただきますけど、よろしいですか。どなたか1人声を上げるのは大変かもしれないと思うので、言わせていた

だきますけど。

○四国電力（黒川部長） 四国電力、黒川です。

私の理解が間違っていたら申し訳ないんですが、今、御指摘いただいたところの中身が、今回説明をさせていただいた水平2方向の影響についてどうだという話と、実際の定ピッチの適用という話とが多分、一緒になって、そのまんまで私は受け止めたんですよ。それは、X方向に走っている配管であれば、Y方向の軸直方向で考えればいいということで御理解はいただいていると思うんですけど、逆にYだったらXになるんですが。実際はXとYのFRSの床応答曲線の包絡線で見ますんで、そうすると、Xに走ってもYに走っても、そこは一緒ですよ。

○吉田上席審査官 すみません、あまり長々やるつもりはなかったの。単に8ページに水平2方向の話が書いていないですよという意味で、その水平2方向の組み合わせの話が書いていないので、鉛直と同じような考え方でちゃんと見ています、規則要求には応じていますと、そういうことをお聞きしただけです。

今、黒川さんが答えられたことで一つだけ気になることがありますして、組み合わせを要求しているので、包絡ではありません。包絡は最大値取りなので、組み合わせにはならないので。そこは、まさか各社さんで包絡でやられているという社はあるんですか。多分、いや、四電さんもそれはやってないと思うんですが、言葉のあやだと思っています。それはそれでよろしいですね。

○四国電力（黒川部長） 申し訳ございません。説明が拙ければ申し訳ないんですが……。

○吉田上席審査官 内容は、後ろに書いてあるところを紹介していただいて、それを読んだら確かに水平2方向もちゃんと考慮して組み合わせを考慮してやっていますということが読めることが書いてあるので、ただ単に前のページにないと、それだけです。

○四国電力（黒川部長） すみません、従来の工認での審査での御説明と変わりませんということです。

○吉田上席審査官 はい、いいです。

○山田部長 いいでしょうか。

それじゃあ、中身にいきますけれど。

じゃあ、中身についての議論に入らせていただきたいと思います。どなたからでも結構です。どうぞ。

○高木審査官 規制庁の高木です。

さっきの、最も大きなピークを避けるということで説明がありました。これについては、確認なんですけれども、プラントごと、各建屋の床ごとに、いろんな地震時の波の性状によって応答が違ってくると思うんですね。それらを今回の各電力会社のプラントで全てを網羅してそういう設計を、波を見てそういうふうに行っているという理解でよろしいですか。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

4月27日の面談のときの御指摘事項、宿題事項ということで、各プラントについて、建屋ごとで見たときの最大ピークを剛側にかわすような、そういう建屋ピークよりも剛側に配管系の固有振動数が来ているかどうかということ、例外あるかないかということを確認しなさいというのがあったんですけども、それについて、そういう重要な施設の配管については、全てそれは満足しているということを確認してございます。

○高木審査官 すみません、言葉尻の確認なんですけど、重要な配管ということがあったんですけど、定ピッチを使う上では、全て最も大きいピークを避けているということで、理解でいいでしょうか。

○四国電力（池田グループリーダー） はい。こういう応力基準の定ピッチスパンを使っている配管系については、そういうふうな状態で設計されているということを確認いたしました。

○吉田上席審査官 すみません、今のにも全く関係ないわけじゃないんですが、もう一つ。今回の論点で、それのお答えとして、発生する応力が許容応力を超えないとここで設計していれば、これは十分耐震性は確保されていると言われているこの許容応力、これはJEAGに書かれている許容応力だと思いますが、実際に使われているのは。その許容応力は、どういう応力評価のときに使う許容応力かといったら、恐らく定ピッチではなくて、3次元でよく書かれている応力係数とか、要するに局所的なものも全部考慮できるような、3次元の応力の組み合わせの評価式が入っていると思います。

これに対して、定ピッチのやつは、極端なこと、多分、細かい資料を読んでいくと、たわみ変形の一次元の静的変形というものだと思いますが、そこに対して、確かに発生応力を、ちゃんと許容応力に対応する発生応力の評価を、あるいは、それに対応できるような、等価にかさ上げするなりなんなりしていればいいとは思いますが。そのあたりは、この定ピッチスパン法の中ではどのように処置をされているのか。単純にたわみ変形の一次の曲げだけでは違うので、そこはちょっと説明していただきたいと。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

先ほどの御質問というのは、定ピッチスパンによる応力評価のまさに保守性というところにも関係してくると思うんですけども、まず、定ピッチスパンの保守性というところでございますが、それにつきましては、本日の資料の別紙の3番を御覧いただけたらと思います。ページ番号でいきますと3ページからになります。

こちらのほうに、定ピッチスパン、直管部の一次応力評価の保守性ということで、こういう2スパン3点支持モデルの定ピッチスパンがあるんですけども、こちらの応力評価の保守性というところを今回、できるだけ一般的な議論をできるようにということで確認いたしました。やり方といたしましては、川内の特重工認のほうでも審査のほうございましたけれども、より実機の配管系に近いNUPECで行いました主蒸気配管系統の耐震実証試験、こちらの結果を受けて設定した1スパンに3マス置くようなFEMのモデルがあるんですけども、それとの検討の比較を行ってございます。

それによりまして、定ピッチスパンで求めた配管系の応答応力、それから、固有振動数につきましては、応力につきましては、3次元のモデルよりも保守的、振動数につきましては、柔側ということで、保守性というのは確認できてございます。

あと、そういう意味で、実機の配管系の応答ということに比べても保守的なものの結果になってございますので、許容応力体系の考え方としては、Sクラスの配管につきましては、IV<sub>A</sub>Sの制限を今回、新規制基準でかけておりますが、そういう耐震設計、通常の、現在のJEAG上の配管系の耐震設計で用いられておる許容応力体系で、制限をかけるということで、技術基準適合性上は問題ないというふうに考えてございます。

○吉田上席審査官 すみません、どこまで、これ、言うかにもよるんですが、今御紹介いただいたこの振動の絵、これ、例えば非常に平たい言い方をして、3次元はり解析をしていたときに、このモードは発生しますかといったら、これは発生しているのを今まで工認資料の中で見たことはありません。なぜかという、先ほどから言った静解析で生じるものあって、振動ではない。それを振動として置いてると。

そのときに、あと、そちらの説明でもう一つ問題なのは、保守側ですよと言っているんですが、この変形、この静的変形を振動数に置きかえると、普通の3次元はりモデル、両端、回転フリーでやった固有値よりもかたい側に出ます。これは計算をしてみればわかると思いますが。それをそれなのに保守側に評価できる、そこの説明が抜けているんですが、そこをちゃんと説明していただきたい。

○山田部長 簡単に申し上げてしまって、ここの4ページの発生応力の計算ですけども、

これは、このスパンで共振が起きたときにもこの応力なんですか、周波数変わって。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒です。

共振があった場合でも、先ほどのパワーポイントで床応答曲線の応答値というのは、それぞれの固有周期で共振している状態を示しているということですので、御質問に対する回答としましては、その共振された応答で計算されるという形になるということでございます。

○山田部長 議論がすれ違っているのは、まさしくここだと思います。というのは、共振が起きたときもこれの計算式で出ますとおっしゃいましたけども、この式、見ていますと、配管の減衰の数字がありません。なので、どの減衰率で起きたときに、どれくらいの振幅レベルかというのは、ここで計算されているとは思えません。

これはどういう計算なんでしょうか。私が言っていることが間違っているのであれば、それを御指摘ください。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

こちらの別紙の1枚目を見ていただくと、定ピッチスパンのモデル図を入れさせていただいているんですけども、定ピッチスパンの評価といたしますのは、いわゆる応答解析をすると、要は地震入力をして、どれほど応答するのかという話と、地震入力を受けて、どれだけ変形といたしますか、応力が出るかという応力評価、応力解析というところで分かれてございまして。今、山田部長から御指摘いただいたものというのは、この1ページ目のほうの、これはちょっと応力解析モデルというふうになってはいるんですけども、振動するときの条件として、配管のかたさとか、内圧とかというのは考慮するんですけども、共振させた状態の振動数というのは、モデルからわかっているんですね。わかった振動数、こちらを床応答曲線で読み取ることで、加速度を入力するという形になるんですけども、その辺の説明が本日の資料でいいますと、すみません、3ページになってございます。

この2スパン3点支持の定ピッチスパンのモデルで、配管支持間隔を決めると、その他の配管の緒元からこのモデルの固有周期というのが出てきます。これが左の上の図のほうでございまして。こちらは、等分布荷重を考慮していますので、複数モードが出るという形になるんですけども、例えば一次のモードにおける固有周期をTとしたときに、この右側の床応答の固有周期を見ると、そのときの加速度が見れると。

その加速度というのを、今度は左下に、似たようなモデルではあるんですけども、この加速度に相当する力とか、荷重というのをこのモデルに与えるというような格好に

なりますので、その応力評価としましては、振動理論のような複数モードが出てくるようなものではなくて、発生する、作用する加速度に応じた力を全体に与えるという形になりますので、先ほどのような図のような形状に見えるという形になってございます。

○山田部長 固有周期はわかるんですよ。固有周期が決まって、減衰が幾らかってなると、どれぐらいの振幅レベルかがわかると思うんです。そうすると、配管にどれぐらいの力がかかるのかというのがわかると思うんですけど、ここに減衰が出てきてないんですけど。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力の池田です。

減衰というのは、配管系とか、機器の設計をするときに使う入力加速度になりまして、床応答曲線あるんですけども、そちらの床応答曲線のほうに各機器減衰を考慮した床応答曲線使いますので、そこで応答加速度としては反映されているというものでございます。

○関西電力（野元マネジャー） 関西電力、野元でございます。

少し補足させていただきますと、もともと床応答曲線をつくるときには、入力に対して、1質点系のモデルを考えて、その減衰まで与えた形で応答の最大値をプロットしていくという形で、このチャートをつくりますので、床応答スペクトルをつくるときの要因の中に、もう既に減衰率を考えた形で床応答曲線できている。すなわち、床応答曲線は減衰率ごとに違うチャートができておりまして、それを設計に用いてるという形になってございます。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

もう1点、ちょっと補足させていただきたいと思うんですけども、こちら、添付資料の13ページに、少し床応答曲線がわかるようなものを少し入れさせていただいてございます。この13ページの左側に描いてございますのが、いわゆる共振曲線というものでございまして、物と、例えば建屋と機器でもいいんですけども、二つのものが共振するときに、どのように応答が増幅していくかといったものを示したものが左側の共振曲線になってございます。こちら、ゼロと書いているところ、赤字にさせていただいているんですけども、極端に、これ、共振するときに減衰がゼロというふうになってしまうと、共振した際には発散するように応答が非常に大きくなってしまいうような現象がございまして。ただ、同じこの共振曲線見ていただいても0.05、5%とか10%とかということで、実際機器に発生する減衰、これを考慮することで、ピークであっても、ある一定の量をとるという形になってございます。こちら、右側のほうには、原子力発電所の耐震設計で使われる床応答スペクトルの例でございまして、この場合は減衰定数1%というのが書いてございますように、床応答曲線を適用するに当たっては、適用する機器の減衰定数に応じたもの

を使うということですので、減衰定数を当然使いながら設計をしているという形になります。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

山田が聞いたことは、まさにその13ページの話だというふうにとってください。基本的には応答関数のところに減衰定数が入るはずなので、その応答関数で出てきた応力の式のところに減衰の項がないのは何でしょうということで、お答えとしては、ここに入れるのではなくて、その前の入力地震力のところで大きさを調整しています。そこに減衰を入れてやりました、そういうことでよろしいんですね。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒です。

そのとおりでございます。

○吉田上席審査官 その辺りが最初のページのほうでよく読めなかつただけなので、ちょっと勘違いということ。

もう一つ、僕がもともと質問した件、振動数、先ほど言われましたけど、これ、機械工学便覧でも何でも簡単に見れると思います。2スパンの真ん中が固定条件、実際配管、アンカーサポートを必ずにそこに入れますというわけじゃなくて、回転フリーの大体、Uボルトが多いと思います。そうすると、真ん中、回転フリーにしたときに、3次元でよくやっております普通の振動解析、固有値解析ですね、これをやった場合、例えばそのときの答えが約9Hzと出たときに、真ん中を固定にして振動数を算出すれば、11から12Hzと答えが出ます。これが保守側という話になるのか、右肩上がりのところで、右肩下がりではやりませんといったときに、固有振動数がまさにここの固有振動数でやっていたら、実際、3次元、要するに耐震実証試験とか何かで確認されているような振動数、それよりも剛側の数字になってしまうんですが、そこに対して保守側になる処置をどういうふうに行っているのか、これは味つけがないと、今のはただ単に純数学的にやっていくと非安全側になります。そこを説明してほしいという意味で質問したんです。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

今、例えば吉田さんがおっしゃっていただいているのは、ちょっと我々の補足説明資料でいうと、失礼しました。添付ですね、添付の2ページ目のことを恐らくおっしゃっていただいているのかなというふうに思うんですけども、違いますか。ちょっと申し上げたかったことだけ簡単にだけ言いますと、2スパン3点支持モデル、こちらは振動数出せるモデルではあるんですけども、それにサポートの剛性というのを考慮して、そのサポートと配

管の両方の振動数から配管系全体の振動数というのを出しているということでございまして、例えばこちらの例でいいますと、配管が15Hz、サポートが20Hz、その場合の合成された振動数としましては、12Hzといったような形で振動数を出しているということでございます。

○吉田上席審査官 要は質問した内容、実際に純数学的に解いちゃうと、剛側の振動数に出るようなモードに着目して、そこの応力、曲げ応力を出されているんだけど、実際の振動数よりも設計の振動数はもっとやわらかいところですよ。だから、そこに対してどうということをしていますかといったら、今みたいに、そこで出てきたスパンで生じる振動数ではなくて、支持剛性とか、何かをいろいろ考慮して、やわらかくして保守側に出すと、そういう御説明ですよね。それはどういうことを意味するかというと、先ほど右肩下がりのところでは設計をしませんという話ではなくて、右肩上がりのところでは設計をしなければ、今言った柔側、やわらかい長周期側に持っていったら保守側になるという話は成立しないので、そういう理解でよろしいでしょうか。ちょっと説明が長過ぎた。単純に言うと、先ほど言ったように、何か計算するとちょっとかための数字が出ちゃうよ。だけど、それは剛性とか何か考慮して、やわらかいほうで固有値を判断して、そこで応力を出します。やわらかいと保守側になるというのは、床応答とか何か右肩上がりところで上っていかない限りは保守側にならない、要するに応答は大きくなりませんよね。右肩下がりだったら、さっきの話になるが、右肩下がりではなくて、ただ平行のところでもだめですよ。そういう趣旨ですよということをお確認ただけです、その保守性を担保するためには。

○関西電力（白井技術主幹） 関西電力の白井でございますけども、ちょっと吉田さんのおっしゃっていることの理解という意味で、理解させていただきたいんですけども、別紙、ちょっと見ていただきたいと思います、別紙の4ページ、これがまず問題になっているんだと思っております、この②の通常、2スパン3点支持モデルでやっておりますので、これに対して、本来の一次モードというのは、こういうふうに両方のスパンが上に行くモードではなくて、S字に出てくると。そういうモードを無視しているのではないかということをおっしゃっているのでしょうか。

○吉田上席審査官 いえいえ、着目しているモードが違いますよねと。交番荷重で発生する地震時のときには、こういう平行移動のモードは、基本的には知見でも確認できてないはずだし、よっぽど正対称でつくらなきゃいけないけど、物理的に無理な話ですから。それに対して生じるのは、今、白井さんがおっしゃったような、S字みたいな、要するに真

ん中が回転フリー、そのときのモードが出ると思います。それはどれがということではなくて、そのモードの数字、こういう振動数を計算したら、これは基本的に固有値はその $\pi$ の倍数になると思います。

だけど、真ん中固定にしている、要するに片端固定の支持の固有振動数、これは普通の教科書読めばわかりますが、 $\pi$ ではなくて、3.9幾つぐらいになります、固有値が。わかりますか、かたくなるんです。かたくなっているのを、だから、先ほど石黒さんが言われたように、支持剛性とか何かを考慮して、そのままやってたら、普通の回転フリーのほうがかたくなりすぎてしまうので、そこにもうちょっと味つけは何かあるでしょうとは思いますが。

とにかく右側に持っていくことによって、保守側に、そういう非安全側の剛側になっていることは全部カバーしていますと、そういう説明を今お聞きしたかなという意味で聞いているんです。

○関西電力（野元マネジャー） 関西電力、野元でございます。

非常にちょっと今、吉田さんの御指摘をいただいて、まだ我々、今おっしゃっていること、完全に理解できないでおります。ちょっと電力の側から、完全に今、吉田さんのおっしゃっていることが理解できているというんだったら、声上げてもらった方がいいんですけども。今、もう一度、恐らく実機がかたくなるケースがあるんだということをおっしゃっているようには聞こえたんですが、そうではないのであれば、もう一度、かみ砕いて我々に、論点がちょっとわからないのは大変申し訳ないんですけども、御説明いただけるとありがたいんですが。

○吉田上席審査官 すみません、教科書問題を言っただけです。固有振動数が幾つになるか、先ほどの3ページの真ん中が固定のやつ。このとき固有振動数幾つになりますか。真ん中が回転フリーになって……、4ページですか。4ページを言われているんですかね。まだほかにも書いてあったと思いますが、3点支持の真ん中が固定条件で出した、これを振動とみなしたときの固有振動数、これは普通に教科書で書いてあります。この振動数と回転がフリーになって、S字のようになったときの固有振動数、当然配管の物性、全部一緒にいいです。支持剛性も一緒にいいです。これを比較したときに、どちらが振動数、長周期側にいきますかといったら、回転フリーのほういきます。これは当たり前の話です。

それをカバーするように、定ピッチが真ん中固定のモデルでやっているの、何らかの処置をしているのではないですかということをお聞きいただけです。

○山田部長 すみません、ちょっとこちら側からで申し訳ないんですけど、これ、今ここで議論になっていることと多分、外れていると思うので。ちょっとすみません、こちら側からで申し訳ないんですけど。それはこの評価方法の是非の話になっていて、フロアレスポンスのピーク外すか外さないかの議論ではないので、ちょっと申し訳ないけど、そこはやめてもらえますか。

○吉田上席審査官 そういう意味ではなくて、最初からお聞きしているのは、発生応力をちゃんと出していますと言っている、その発生応力を算出するときの入力条件、パラメータの振動数、その振動数がただ単にこの説明であるたわみ変形の振動数でいったら、剛側の数字になって、右肩上がりのところで設計したら、それは非安全側になりますよねと。それはまさかそういうことはしてませんよねと、その確認をしているんです。

要するに、許容応力と比較する発生応力をちゃんと出しておりますということに対して、そこは手当てをしないことには……。

○山田部長 重ねてで申し訳ないけど、それは振動数決まった後の応力のお出し方の議論なので、今はこのピーク振動数を外すかどうかという話なので。

○関西電力（白井技術主幹） 関西電力の白井でございます。

今のちょっと御質問は、我々もよく理解できないので、わかりませんが。先ほど石黒が説明しましたとおり、別紙の4ページの見ていただきたいんですけども、山田部長が御質問されたとおり、 $M=1/8wL^2$ というところには、減衰定数も何も入ってございません。これは、いわゆる、こういったいわゆる材料力学の式でございますので、このはりが等分布荷重のはりだとして、 $1G$ がかかったときには、出量は $1/8wL^2$ 、それが荷重になりまして、それを $Z$ で割ることによって、モーメントが定まると。

実際は、これ、外荷重として地震がかかりますので、この $M$ に加速度の $\alpha$ を掛ける必要があると。その $\alpha$ は床応答曲線で読み取ると。その床応答曲線は、いわゆる、それぞれの機器の共振したときの波の成分で共振した値を $\alpha$ として読み取っていきますので、この配管の固有振動数、これは減衰関係なく固有振動数が求まりますので、その固有振動数から共振した、建屋の床の揺れと共振した結果としての $\alpha$ を読み取って荷重として算定して応力評価を行うということでございますので。4ページの中には、いわゆる減衰も $\alpha$ も出てこない、加速度も出てこないということになります。ちょっと誤解だけ解いときたいと思ひまして。

○山田部長 わかりました。ありがとうございます。

私がちょっとよく理解してなかったところもあったということが御説明いただいてわかりました。

フロアレスポンスのここに出てきているこの加速度の数字は、配管が共振したときの加速度という理解でよろしいですか。

○関西電力（白井技術主幹） そのとおりでございます。

○山田部長 だとすると、鉛直側の数字のピークのところで出てきているやつは、共振周波数の配管がその周波数のところへ来たときに発生する加速度であると。共振した加速度であるという理解でよろしいですか。

○関西電力（白井技術主幹） そのとおりでございます。まず、共振というのは、建屋の一次固有周期と共振するか否か。それと、建屋の床、床の揺れがもう既に出ております。その揺れの中で、それを分解しますと、正弦波の組み合わせでできておりますので。その中で、建屋の固有周期による揺れというのは一番寄与率が高いんです、全体の揺れ合計したものの中で。その結果として、床応答曲線というのは全てある固有周期を持った、いわゆる共振点をプロットしたものでございますけども、建屋とちょうど一致したところというのは、やはり一番大きな値になりますので、床応答曲線の読みも大きくなっていると。結局は共振した結果として、その値になっているということでございます。

○高木審査官 ちょっと吉田の質問を整理したいと思うんですけど、FRSからある加速度を求めるときは固有値が必要なわけですよね。その固有値の算定をするときに、この中央が固定のモードで計算すると、3ページ、4ページですね、かたく出る、かたい側に出ますよと。ところが、実際のこういった連成系の配管では、S字型のように曲がるので、実際はもっとこの計算値よりもやわらかくなっちゃいますよ。実際のやわらかくなるということは、加速度が高くなるわけですよね。

だから、実際の配管には、この計算値よりも大きな加速度が入力されてしまいますよ。その補償というか、その保守性をどこでどう考えているんですかという質問だと思います。

○関西電力（白井技術主幹） よろしいですか。関西電力の白井でございます。

ちょっとまだよく理解できないんですけども、3ページ、今3ページ見ていただいていると思うんですけども。まず、先ほど言いましたとおり、自由端、固定端、自由端といたしまして、モードとしては、固有モードとしては、左の自由端から上側に揺れて、固定端を経由して、右側が下に揺れるS字側のモードがございます。まず、1点、それ、ありますですね。

それともう一つは、その下の図にあるように、この2スパン3点支持モデルというのは、右のように、1方向が自由端で片側が固定端と同じですと言っておりますけども、このところで右のほうのモデル化したものよりも、左のほうが現実の左の2点支持、自由端、固定端、自由端のモデルのほうがやわらかくなるということをおっしゃっているのか、ちょっとどちらなのでしょう。

○吉田上席審査官 すみません、もっと単純なことをお聞きしてて、全部自由端、回転フリーのときには、先ほど白井さんおっしゃったように、S字になります。S字になったときの固有振動数と真ん中が固定になっている固有振動数、これは比較されたことはないんですか。これは普通の教科書に書いてあるんですが。それをお聞きしているんです。

○関西電力（白井技術主幹） 関西電力の白井でございます。

すなわち、やはりS字が出るから、通常の一次というものは我々が考えている一次よりもやわらかくなると、そういう論点でよろしいでしょうか。

○吉田上席審査官 いやいや、その数字は御存じないんですかということを行っているんです。

○関西電力（白井技術主幹） いや、覚えている覚えていないじゃなくて、それは当たり前のお話でございます。

○吉田上席審査官 すみません、その答えを。

○関西電力（白井技術主幹） すみません、これ、実際問題として、一次モードは固有モードとして、先ほどから言っていますように、S字のモードはございます。ただ、外力がかかったときに、よく考えていただきたいんですけども、上下に揺られたときに、例えばこれ、一番簡単なのでわかりますけども、上下に揺すったときには必ず腹が上行くか、下行くかになります。ただ、2スパンのうちのスパンが違う場合、これは1スパンに揺すられて、どちらかの系が下へ行くこともあります。ただ、そのときにはかたくなります、全体の系としては。

○吉田上席審査官 申し訳ないんですが、あんまり技術的な話、もうそこで数字のことが全然おわかりにならない方とここで話ししても仕方がないので、後でやらせてください。

○山田部長 すみません、ちょっと私がまた割り込んで申し訳ないんですけど、こちら側の話になってしまいますけども、今のはこのモデルでの固有周波数をどう設定するのかという議論であって、決まった後にピークを外すか外さないかという今日のここでの話題とは違うので。そこは、固有振動数を設定する際に、その設定の仕方が正しいかどうかとい

う審査の中でちょっとやらせていただくことにして、今日の議論はここまでにさせていただきます。すみません。

○吉田上席審査官 あと、すみません、もう1点。規制庁の吉田です。

発生応力をちゃんと評価して、許容応力と言っている、先ほど言った許容応力に対応するのは、JEAGは評価式ありますけど、それは今日の先ほど資料の1ページ目、どっちだったかな、別紙ですか、別紙の1ページ目にまさに書いてありますよね、表1で。これを定ピッチスパン法の応力評価でこれを算出されていると、そういう理解でいいんですか。それを簡単に教えてください。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

定ピッチスパン法で算出される応力というのは、曲げ振動に伴う一次応力というふうなものでございます。

○吉田上席審査官 すみません、表1の評価式の応力が出るんですかということをお聞きしているんです。今お答えされたのは書いてあります。でも、それが表1と一緒にとは書いてないので、お聞きしているんです。

○山田部長 この点も、何度も繰り返して申し訳ないですけど、今日の議論とはずれているので、後ほど調べていただいて答えていただくので結構です。

○吉田上席審査官 いや、申し訳ないんですけど、まとめに書いてありますので、またよろしくお願いしますね。まとめにはっきりと書かれていますから。

○植木主任審査官 規制庁の植木です。

ちょっと2点確認させていただきたいんですけども、まず、資料2の6ページで、JEAGの解釈について説明されています。その説明として、下から4行目というか、下の四角で1970年版に、配管一次の振動数を建物の一次固有振動数前後より避ければ大体安全側になることが予想されると、もともとこういう考え方があって、87年版のほうには、スペクトルのピークを避けることを原則とするというふうに書いてあるということなんですけれども。

ちょっと言葉尻だけなんですけど、この70年版では、建屋の一次固有振動数というふうに書いてあって、仮にこれがそうだとすると、例えば鉛直方向の建屋の固有振動数を避けなくてもいいのかという、その辺はいかが。これは建屋の振動数とは言っているけれども、スペクトルのピークのことを言っているというふうに考えればいいんでしょうか。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

ちょっと本日は用意してなくて、私も手元にございませんで、記憶でお答えして大変恐縮なんですけれども、JEAG1970においては、鉛直が動的であることも、当時、一応、視野には入れているというか、そういった記述もございます。なおかつ、鉛直のほうが水平よりも大きく出る場合も可能性としてはあるという記述がございまして。また別途お見せできる機会があればいいんですけども。

ただし、1970年当時においては、こういったものは将来的な課題といいますか、そういった記述でもって、この一次ピークとして鉛直はどうも考慮していないと、意図的に考慮していないというような扱いになっていたというふうに記憶してございます。またちょっと該当箇所をお見せしたいとは思いますが、すみません。

○植木主任審査官 規制庁の植木です。

了解しました。それで、今のところは、この資料として、6ページの説明って少し飛んでるような気がしているので、少し、もうちょっとその辺の考え方を、70年版から87年版のときの考え方をもう少し補足していただいたほうがいいのかというふうに思います。

もう1点ですけれども、別紙のほうですが、別紙の6ページで、直管部の配管について、定ピッチスパン法と3次元のはりモデルで検討した結果の発生応力の比較、あと、固有振動数の比較されていて、振動数としては、はりモデルのほうが高目の振動数になります。発生応力もうはりモデルのほうが小さ目になって、保守的、定ピッチスパン法が保守的であるという検討をされていますけれども。

これに関して、後ろのほうに曲がり部と集中質量でのスパンの補正の説明がずっとありますけれども、実際にこういう配管系に対して、直管部の検討と同じように、振動数とか発生応力について検討して、保守的であると、今のやり方が保守的であるというような検討はされていますでしょうか。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

まず、ちょっとストレートな回答になっていないかもしれませんが、今回、この分厚い参考資料という資料、こちら御覧いただきたいなというふうに思うんですけども。こちらは、冒頭で紹介がありましたように、1ページめくっていただきますと、弊社の高浜3、4号、1、2号、美浜3号、大飯3、4号、あと四国電力の伊方3号機と九州電力の川内1、2号機の主に定ピッチスパン法に関わる補足説明資料、九州さんの玄海3、4号もございませんですけども、について書いてございます。

もう一つページをめくっていただきますと、表2というものを、1枚、2枚めくっていた

だくとあるかと思うんですけども、定ピッチスパン法の話をしあげるときには、全てのプラントではございませんけれども、3次元はりの結果というものとはよく比較させていただいてございます。そのときに、この後ろについてるこの分厚い資料を抜粋して、数字だけを並べたものでございますが、この高浜3、4号であれば、CVスプレイラインで3次元はりモデルで最も大きかった値として78と。定ピッチスパンだと110と。その下だと160と296ということで、いずれも定ピッチスパンのほうが大きな応力が算出されているという結果を過去、ここ三、四年ぐらいずっと出しているというのが実態でございまして。基本的に私どもとしましては、定ピッチスパンのほうがより裕度を与えるというか、より厳しい評価条件になっているというふうに考えてございます。

ただ、こちら、定ピッチスパン法というのは、御存じのとおり、2スパン3点支持モデルということで、配管全体ではなく、一部を切り出したモデルになっているというところが最も違うところでございます。ただ、通常、配管でありましたら、一つの配管が、長い配管があったとしても、あれば、配管というのは、通常、物を輸送するものでございますから、タンクがあつたり、ポンプがあつたりということで、最後はノズルにひつつくという形になります。

ただ、この2スパン3点支持モデルは、両端を単純支持といたしまして、モーメントを固定しないと。だから、いわばUボルトでとめてるだけの状態というのをモデル化して、実際の本当の直管に比べるとやわらかく設定しているというような配慮をしております。

したがって、定ピッチスパン法といたしましては、直管部の応力、固有振動数、これが実は一番弱くつくられているというような設計法でございまして、だからこそ、定ピッチスパンの直管部の応力というのを工認の計算書に載せさせていただいているという形でございます。

ちょっと細部は御説明するつもりはあれなんですけども、この別紙の8ページ以降、これは曲がり部、集中質量というのがあるんですけども、当然、配管、直管だけじゃなくて、曲がりもあれば、T字管もあるし、弁等の集中質量というのもございます。そのときの考え方というのが、細かくはちょっと今日はあれなんですけども、この低減係数と、8ページには、支持間隔比と曲がり部の長さ比というのがあるんですけども、基本的な考え方としましては、振動数と曲げ応力ですね、これが直管部よりも小さくなるような支持間隔を定めるという形でやっています。これ、集中質量もT字部も全て同じでございまして。いわば直管部からつなげるほど、基本的には強くなっていくというような設計手法でござ

いまして、この辺がどのようにして支持間隔を定めてるかというのをちょっと今回、御用意させていただいているというものでございます。ですので、トータルとしてもかなり曲がりが増えていくという形で、どんどんどんどん直管部よりも強いものが入っていくことで、全体として仕上がりとしては、かなり余裕が出てくるというふうなことを考えてございます。

ただ、じゃあ、何倍かとかいうのは、当然配管ルートによって変わってございますので、具体的に幾らですということを申し上げることは非常に難しいんですけども、設計手法としましては余裕があるというふうに我々は考えているということでございます。

○植木主任審査官 規制庁、植木です。

了解しました。

○山田部長 ほか、いかがでしょうか。

○高木審査官 先ほどの黒川さんの説明なんですけど、我々の大きな考え方としては、繰り返しになりますけど、配管というのは連成系になっていると。今回定ピッチというのは、ある部分を切り出して直管部に置きかえて計算しているということで、モデル化にしても、実配管とは違っていますねというのが一つですね。

代表配管でやりますから、しかも切り出したモデルでやりますから、それは簡易計算になるわけですね。だから、実際の応力というのは、3次元のいわゆるアンカ to アンカの解析がかなり本来の応力であろうと。それに比べて定ピッチの簡易解析の結果がいかに保守的になっているかという証明をしてほしいということだと思っているんです。

それに対して、定性的に保守的になっていますというふうに言われているんですけども、その辺の保守的になっている、切り出したモデルでも、こういう解析をしているという説明が欲しい。今、先ほど吉田が言ったのが通じていなかったんですけども、その切り出したモデルの解析というのは、非保守的なんじゃないか。固有値にしてもちょっと高目に出ているんじゃないか。高目に出ているということは、低い加速度で計算しているのではないか。実際のモデルの連成の配管から考えると、いろんな両端からの影響ですとか、ねじりですとか、違った応力も当然、出てくるわけですね。そういった応力がこの定ピッチの簡易解析には考慮されていない。

ですから、そういった考慮されていない分をどういうふうに補完して、定ピッチが保守的であるというふうに説明できるのかなと。そこら辺について十分な説明が欲しいということだと思っています。

今日の資料でかなりいろんなところで保守性を考慮していますというところが書かれているんですけども、それが配管というのはいろんなバリエーションがあるわけですね。どんなルートになっても、定ピッチの解析であれば、保守的なんだというのをどうやって説明できるんだろうか。ある一例を持ってきて、これは定ピッチのほうが厳しかったですといっても、それは一般論で定ピッチが使えるということではないと思うので、一般論として、定ピッチのほうが保守的であるというのをどういうふうに説明できるんだろうかということをお求めているという理解なんですけど。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

先ほどの御指摘につきましては、本日準備しております資料、別紙のほうの5ページ、6ページ、そちらのほうで御説明させていただいたものになっております。一般的な説明ということで、定ピッチスパンのものに対して、NUPECのほうの耐震実証のほうでございました4スパンの3マスモデルというところで、ただ、ピーク領域での応力の評価の保守性というところが議論になっておりますので、床応答として、入力する応答加速度としては、一定値のものを入れた状態ということを模擬して、その保守性というものを確認してございます。

6ページのほうに、表の2のほう示してございますが、応力結果、それから、振動数が書いてございます。御指摘のとおり、定ピッチスパンモデルというところでは、ねじり応力というところは出てきていなくて、あくまで曲げ振動に伴う一次応力という結果が出てきているんですけども、それを踏まえても、3次元で計算したモデルに比べると応力的にはそれを上回るものとなっております、保守性というものは確認できているというふうに考えてございます。

○高木審査官 規制庁の高木です。

例えば先ほど説明してもらった5ページですね、別紙の。実機相当モデルというのが4スパンのこれは両端固定ですか、記号が書いてないからわかりませんが。この例で計算したらこういう結果になりましたということなんだろうけども、実際の配管というのは曲がり配管もあって、いろんなルートがあるわけですね。そういった場合までを含めて、これが証明していることではないと思います。これは一例ですけど。

ですから、一般論として説明する場合には、かなりのデータが必要かなというふうに思っています。

○四国電力（池田グループリーダー） こちらで示しておりますのは、あくまで直管部で

の話なんですけども、そのほかの議論といたしましては、隣接配管の影響、それから、軸圧縮の件とかございまして、そちらについては、同じ資料の、添付資料のほうの3番、それから4番、こちらのほうに直管部から比べて、今度は曲がり、それから分岐部を入れた場合の同様な解析検討を行いまして、それらについても比較した結果、いずれもこういう定ピッチスパンで求めた場合の応力評価、それから固有振動数のほうが保守的になっているというところを確認してございます。

○山田部長 すみません。ちょっと私の理解で申し上げさせていただいて、違っていたら、どちらから指摘していただいても結構なんですけど、今、御説明された保守性というのは、ある程度の共振加速度での話だと思うんです。従来の定ピッチスパン法でピークから外して、ある程度、レスポンスが小さいところでの議論だと思うんですけども、今回鉛直地震動が入って、我々ここでの議論が始まっている根っこは意外と鉛直地震動大きな入っているんじゃないですかというところなので。

今日、御説明いただいたような、埋める方法をやったとしても、これ、埋めたことによって、従来は随分低いところの評価での定ピッチスパンですが、入力が大きくなることによって、加速度が大きな加速度が入っている場合を評価している格好になっていて。したがって、この評価方法で保守性として考えて、もっといろんなこと起きるんじゃないですかということを含めての保守性だったやつが、共振によって発生している加速度が大きくなることによって、そういった影響がさらに加わってきているんじゃないでしょうかというのが我々のほうの懸念の一つだと思うんですけど、そこはいかがですか。

○関西電力（石黒マネジャー） すみません、関西電力の石黒でございます。

今、山田部長がおっしゃっているのは、例えば加速度が大きくなる、もしくは床応答スペクトルのピーク領域にある場合は、先ほど共振曲線というのをちょっとお見せいたしましたけれども、そのような何か特異な応答が出る、もしくは非線形な応答が出るといったようなイメージでおっしゃっているということでしょうか。

○山田部長 もうこれは、ピーク外している外していないの議論では、実は私が言っているのは、ないのかもしれないんです。もともとの定ピッチスパンのほうになるべくピーク領域外しなさいというのはフロアレスポンスのあんまり大きくないところの領域で設計しなさいということをもし言っていたとすると、例えばこの図で、この辺のところの評価していて、この辺ですね、評価していたとして、実際のものもそうやってつくられているのと比べると、ただ単にこの評価の数字だけ上げてしまうと、同じような評価をしているの

は、妥当と言えますでしょうかという、そういうことじゃないかと思うんです。

○関西電力（石黒マネジャー） 関西電力の石黒でございます。

山田部長、先ほど冒頭というか、たった今、垂直が、鉛直方向の地震力が想定以上に大きかったというところがキックになっていたということなんですけれども、もともと水平方向というのは、旧指針、建設時から動的に考慮してございまして、それについても、当然ながら、大きいものもあれば小さいものもあるといったようなことで、床応答曲線で算定された値というのを使っているということには変わりございません。

ですので、鉛直方向だから、ある程度大きくなると、何か使えないということではなくて、じゃあ、当然、配管の許容値というのも制限しているわけでございますから、基本的には許容応力の中に入っている限りは、線形の挙動を示すというふうに考えてございまして、その範囲内であれば、特に何か、特別に何か考慮しないといけないといったようなことにはならないものというふうに考えているということでございます。

○山田部長 要するに従来、水平方向だけ考えて、ピークを外して、評価されていたときに、実際にフロアレスポンスで出てきた、入力していた $\alpha$ 、加速度と、ですからその辺のところでは通常は設計していたわけですね。その辺の水準で設計していたならば、定ピッチスパン法で計算すれば、保守的な評価が出てたと。

今回この鉛直側のものが入ることによって、穴埋めもやった結果として、設計している加速度の水準が上がったとすると、そうでなくて、実際にフロアレスポンスとして、鉛直のピークのところに当たったりしてしまうと、従来設計したより大き目の加速度で設計するという事になってしまったとすると、その加速度の領域でもこの定ピッチスパン法というのは、同じように保守性を持ち得るでしょうか。

実際に従来の水平方向だけでなく、定ピッチスパン法で設計していた加速度と鉛直を考えるようになったとしても、設計で考えている加速度の領域はそんなに大きく違いがありませんということであれば、従来あった保守性と同じぐらいの保守性も考えたとしても入ってくると思うんですけれども、その辺はいかがですか。

○四国電力（池田グループリーダー） まず、建設工認時については、動的な水平震度ということで考慮してございます。動的な震度ということで、今回、新規制基準になりまして、新しい $S_s$ を設定して各サイトやっているんですけれども、確かに建設工認時に比べますと、水平震度が上がっているんですけれども、建設工認時も動的な水平震度というのはそれなりに大きいものでございます。それに対して、評価というのはきちんとできていると。

それで、今回、新規制基準に入りまして、従来、建設工認時には静的な鉛直震度で評価してきて、それが絶対値和で最後足し込んで応力評価していたんですけども、それが動的な鉛直震度が入るということで、領域によっては、水平並みの大きなものが出てくる場合もあるんですけども、それについても応力評価については、水平のときにやっていったように定ピッチスパン法のコードで、きちんとそれは評価できます。出てきた応力というのを、今回は水平、鉛直、動的なものをSRSSで足し込んで、その発生値が許容応力におさまるということで、技術基準に適合している……。

○山田部長 発生している許容応力のほうの議論をしたいわけではなくて、これはある程度の幅の加速度のときに、この評価式ならば保守性が持てますということだとすると、従来やった水平だけの評価のときにこれぐらいの加速度で設計していましたというのと、鉛直動が入ってきたことによって、この穴埋めやって出てくる、今設計している加速度と同じぐらいのレベルなのか、それとも、それが逆転してたりはしないでしょうかという、そういうことなんですけど。

○関西電力（白井技術主幹） 関西電力白井でございます。

ちょっと山田部長のおっしゃることを理解しながら御回答を申し上げますけども、例えば荷重がどんどんどんどん大きくなっていく場合と、大きい場合と小さい場合と、やはりある点をもって、例えば振動性状が変わったりすることがございます。それはどういうときかといいますと、やはりばねのように荷重に応じて、線形で比例して伸びが伸びるとかというような場合には、何も荷重が大きいから小さいからというのは関係ございません。

どんどんどんどん荷重が大きくなっていきますと、例えば材料でいえば、降伏点を超えて、いわゆる弾塑性領域に入ってしまうと。大きく入ってしまうと言ったような場合には、もう振動性状も変わってしまいますので、話が変わります。しかしながら、我々が今回の荷重でもってスパンを調整する際に、先ほど四国電力の池田さんも説明されたように、許容応力というものを定めてございます。その許容応力以内におさまるようにしている。

すなわち、そういった大きく塑性領域に入るような振動性状が変わるような領域でスパンを決めるようなことはございませんという決め方になっていますので、荷重が大きいから小さいからといって、いわゆるばねの線形領域の範囲を超えない範囲で設計しているということでございます。

○山田部長 すみません、今、荷重とおっしゃいましたけど、私は加速度と申し上げたんですけど、多分、同じことをおっしゃっているんだと思うんですけども。だから、荷重条件、制

限している荷重条件が変わらないということは、発生している加速度はそれを超えないところにおさまっていますということですね。

○関西電力（白井技術主幹） そのとおりでございます。

○山田部長 もう一つ、念のためのなんですけども、これまでの設計って、制限値いっぱい使っているというわけではないですかということなんですけど。制限値以内であれば、この応力評価の式というのが、何かいろんな効果が表われて、このとおりにはならないということはないんですね。

○四国電力（池田グループリーダー） それはスパン解析コードの適用範囲とか、適用条件とか、そういう限界というのがあって、それを越えたところで使っているんじゃないかと、そういう質問でしょうか。

○山田部長 はい。

○四国電力（池田グループリーダー） それについては、ないというふうに理解してございます。

○御器谷審査官 今の質問にも関連しますが、質問をもとに戻りますと、本体の資料の10ページ目のまとめのところですけども、ここで、一つ目の丸の後段で、最も大きいピークを短周期側に避けたうえで、配管に発生する応力が許容応力を超えないことを確認しておりと、このところで、私どもこの最も大きいピークの「最も」というところは、少なくともJEAGにこのようには明記はされていないというふうに理解をしております。それが最初に御質問しましたように、ピークの振動数領域を避けるといったところの解釈が今このように最もというふうになっているんだとは思いますが。

ただし、この最もというのが関連するのが、後ろに出てくる「配管に発生する応力が許容応力を超えないこと」、これがきちんと確認ができていなければならないのであれば、こういう最も大きいピークだけを避けた場合でも、大丈夫な場合はあり得ると考えております。そういう意味で、配管に発生する応力というものがきちんと定ピッチスパンの簡易な手法において評価できているのかという観点で、これまで高木、吉田が御質問をしてきたという流れになっているかと理解しています。

その意味で、質問をもう一回戻ってしまうところがあるかもしれませんが、資料でいうと、別紙の1ページ目です。発生する応力がきちんと評価できているかということで、これは吉田が質問した話だと思いますが、1ページ目の表1、ここには定ピッチスパン法による応力の算出範囲と書いてございますけれども、定ピッチスパン法において、ここに横軸

で書いてある内圧、長期の荷重、機械的荷重、自重ですね、地震動、相対変位、熱、これらが全て定ピッチスパン法によって評価されている応力と、これが全部ということによろしいですか。そこを確認させてください。

○四国電力（池田グループリーダー） スパンコードで応力評価しているのは、この内圧、それから自重、それから地震動の荷重入れたものでございます。

○吉田上席審査官 すみません、簡単に済ませます。規制庁の吉田です。

今言われたこの式で評価していますかということをお聞きしています。ここには、構造不連続点の応力係数とか何か入っています。これがスパンコードでこれをやっていますか。要するに曲げ管のやつ、低減係数でやられていますが、あれが応力係数と対応していると、そういうことをおっしゃっているんですか。

○四国電力（池田グループリーダー） まず、スパンのほうで評価するのは、基本が一番最弱部である直管部のものでの評価をして、そういう曲がり部、それから分岐部については、低減係数という考え方があるんですけども、そちらのほうで直管部に比べてスパンを短くして、発生応力、それから固有振動数とかというのをより配管の設計として保守側になるようにしているということでございます。

○吉田上席審査官 これ、それ以上、深入りするつもりはないですけど、要するにこの式ではありませんと、そういうお答えですよ。

それから、今言われた中で、次、もう一つ。固有振動数と言われましたが、先ほどから何度かお聞きしている2点支持真ん中固定の振動数、それと、普通の3次元の、先ほどの、今の1ページからいったら5ページですね。これ、真ん中固定でなっていないのが定ピッチスパンのモデルになっていますが、これをやられるときも、当然真ん中固定の条件でやられたと、そういうことですか。そういうことを考えると、ということをやっと確認したいんです。

○四国電力（池田グループリーダー） 今の御質問につきましては、資料の5ページの真ん中の図1の定ピッチスパンモデルの……、5ページの、別紙のほうですね。①、②の配管要素があった、その真ん中のこの支持部の条件が何かと、そういう質問でよろしいでしょうか。

これについては、ピン支持で評価をしているというふうに理解してございます。

○吉田上席審査官 先ほどの別紙のほうで書いているのは、固定と書いてありましたよね。

○四国電力（黒川部長） 四国電力の黒川でございます。

この5ページもそうなんですけど、先ほど来、3次元はりモデルとの比較の話がありますが、当然もともとのモデル化から、御存じのとおり、違いますので、同じ土俵に乗せるのは非常に工夫が要ります。

その比較の上で、言うたら定ピッチというより、このスパンコードということで、こういったモデルで、できるだけ条件を合わせながら比較をしてみたということで。先ほど来、それが全部が一般原則ですかという話もありますが、もともと求めておる応力とかも、当然、御存じのように、違いますので、そういったことからすると、いろんなどころの条件を少しずつ合わせながら、典型的なモデル化をして御説明をさせていただいています。

トータルでいけば、先ほど関西電力さんから説明があったように、実機の配管で見emたら、今までの計算経験でいけば、相当余裕を持っていますよねということかと理解しています。

○山田部長 これもまた評価の数字の話になるので、ちょっとここの辺で打ち切らせていただいて。

○御器谷審査官 そうですね。発生する応力を算出するに当たってのモデルの適切性という話にはなろうかなとは思っているんですけども。

○山田部長 でも、要するに、そのモデルで出てきた数字をどうするかという話なので。

○吉田上席審査官 出し方です。

○山田部長 いやいや、出し方ですね。その出し方がいいか悪いかで、出てきた数字がどうか、出てきた数字の後の話を今日は議論をしているので。

○吉田上席審査官 すみません、規制庁の吉田です。

出てきた後の数字の議論ということで、今、実際条件を定ピッチスパン法でやられているのから形を変えたりとか、モデル条件を変えたり、そういうものでこれは確かに妥当ですという説明になっています。ということは、後からの数字のことが妥当ですと言っているんですけど、そこのボタンが最初にきちっとかかっているかということの意味で確認をさせてもらったんですが。

そこら辺については、それは今、黒川さんのほうが適宜それに合わせて変えるということで、物も違うということで、そういう話であれば了解です。

○山田部長 はい。

○植木主任審査官 規制庁、植木です。

もう1点、ちょっと確認させていただきたいんですけども、先ほど入力地震動が上がる

とか、上下動が入るとかという話がありましたけれども、それによって、従来に比べて、定ピッチスパン法によるスパンというのは、設定されたスパンというのは、かなり従来に比べて短くなっていると考えていいでしょうか。逆の言い方をすると、従来の発生応力と同程度になるようにスパンを今回決めてるということで、大きく言うとそういうことであるのでしょうか。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

地震力が大きくなりましたので、今回の新規制基準によりまして。それに合わせて、現在のピッチが合っている、許容の標準スパン、最大支持間隔が入っているということを確認しておりますので、最大支持間隔は、地震力に合わせて大きくなっております。

○四国電力（池田グループリーダー） すみません、もちろん入力地震動に対して建屋応答解析をして、そういう建設時から各フロアで見たときの地震レベルって変わっておりますので、それに応じて、発生応力に対して許容値を満足するような支持間隔に見直すようなことになってございます。

○植木主任審査官 規制庁、植木です。

わかりました。ということは、余裕というのは、従来とそれほど変わってないというふうに考えてよろしい。例えば許容応力に対する発生応力が今回はぎりぎりになっていきますとか、そういうことは、余裕に関しては大体、同程度になっているのでしょうか。

○四国電力（堀内副リーダー） 許容応力に対して、発生値が大きくなっているかどうかということなんですけど、要するに許容応力におさまっているという考え方ではそうなんですけど、発生応力は確かに大きくなっております。なので、余裕という観点をおっしゃられているのであれば、少し小さくなっているという回答になります。

○植木主任審査官 規制庁、植木です。

先ほど伺ったのは、要は発生応力を抑えるためにスパンを短くしていて、従来と同程度の発生応力になっているのでしょうかという質問なんですけども。

○四国電力（池田グループリーダー） 今回、新規制の工認で、定ピッチスパンつけておるんですけども、基本、新設のプラントであれば、各フロアについて、地震動レベルに対して、こういうレベルはこういうスパンを設定しましょうということで決めてやるんですけど、今回、新設ではなくて、既設のプラントでございますので、もともと建設時の工認で決まっている支持間隔の長さがございます。そういうのも見ながら、新しい地震動レベルに変わったときのスパンというのがどうなるかということを確認して、それでちょっと

足りないところがあれば、それなりに補強するとか、そういうことを一部やったりとかしながら、新規制工認、それから適応性の確認というのはやらせていただいております。

○植木主任審査官 規制庁、植木です。

それと、確認なんですけれども、今回、定ピッチの手法としては、鉛直動がまず入りましたと。それから、制限振動数をどうかという議論がありますけれども、それを除いては、従来の定ピッチスパン法から変わるところはないということによろしいでしょうか。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

動的の地震力が入ったことによる地震力を考慮しても、定ピッチスパン法を使えるという、適応性に関しては問題ないと考えております。

○植木主任審査官 すみません、適応性というか、手法としては、全く同じ手法ですかという質問なんですけども。

○四国電力（池田グループリーダー） 変更点としては、動的な鉛直地震動が入ってきているんですけども、基本、やっている評価手法、解析コードの中身というのは、建設工認時と同じ考え方でございます。

ただ、地震動の発生荷重の組み合わせについては、建設時は鉛直動、静的に対しての発生応力というのは、絶対値和でやっていたんですけども、今回、動的、鉛直動に対しては、それについては、SRSSを行うということで評価のほうをしてございます。そこはちょっと変更ございます。

○植木主任審査官 規制庁、植木です。

理解しました。

○高木審査官 今回の議論ですけれども、まず1点目、定ピッチ手法というのは、JEAGに書かれている方針を満足しただけでは、実際どのようにやられているかわからない。今まで工認の中でこういう方針で定ピッチをやっていますという事業者の説明においても、具体的にはわかりません。

結局はこれ、許容応力度設計と同じだと思うんですけど、普通の場合は、公式の適用があって、断面性状やら何やら、Zだとか持ってきたら、適正な応力が出るというのは、万人の理解でそうなるわけですけども。この定ピッチにおいては、解析コードが何なのか、その中の固有値計算は何なのか、そのほか、いろんな要素がありますけど、応力種類を見ているのか、水平と鉛直の組み合わせはどうしているのかなどなど、応力が具体的に出るまでのステップがわからないんですね。

それを今、一概に同じようだというふうな説明があったんですけども、それについては、もう少し具体的な説明が必要かというふうに思いました。その上でどこが違ってて、どこが同じなんだとか、そういう説明が必要かなというふうに感じました。

○四国電力（池田グループリーダー） 先ほどいただきました質問につきましては、新規制工認のほうで、これまで事業者、今日、参考資料のほうで積んでおりますけど、そういう補足説明資料の中で、スパンコードのどういう概要かとか、あと、スパンコード、工認のときに使っているんですけども、その解析コードの説明書とか、そういうのを示して、御説明のほうは一通りやらせていただいたというふうな理解でございます。

○高木審査官 規制庁の高木です。

ですから、先ほども言ったんですけども、いろんな実際の配管ルートというのは、いろんなバリエーションがある中で、一例をもって、これで保守的だというふうな説明では、定ピッチをいろんな配管ルートに使えると、これで保守性があるというふうには、ちょっと説明が不足かなというふうに思います。

続いて、もう1件なんですけど、先ほど四電の方が、いわゆる実際の配管の応力と定ピッチの配管の解析の応力は違うというふうに言われましたけど、違うという認識でよろしいんですね。まず、そこを確認したいんですけど。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

実際の配管に働く応力と設計上、計算上求めている定ピッチに発生する応力、これは違うと考えております。

○高木審査官 その上でなんですけども、違うからこそ、我々の規制庁の指摘としては、正しい応力に対して、定ピッチ解析のほうで保守的に出る、そのためにはどういう配慮をしているんだろうかということ具体的に聞きたいと。その説明が欲しいという、質問の根底はここなんです。

今回の資料にかなり定性的に書いてあるのは、資料を見ました。ただし、これらの説明については、今までの工認の資料で、部分的には説明があったというふうには思いますけれども、ここまでまとまった説明もなかったというふうに記憶しています。

またですけども、今回のこれだけでは、一般適用しても、定ピッチは保守的に出るんだと、保守的に応力が出せるんだというふうな説明までは至らないのかなと。もう少し説明が欲しいかなというふうに思っています。

○四国電力（黒川部長） 四国電力の黒川です。

少し御提示いただいた論点から一般化されているようには感じますが。

○山田部長 私もちっとそう思ったんですけど、定ピッチスパン法の保守性の議論をしているんですか、それとも、それが今回の鉛直方向の床応答を考えることによって発生したことなんでしょうか。それを説明しないと、理解をしていただけないと思うんですけど。

○吉田上席審査官 すみません、ちっと簡単に言います。保守性そのものをお聞きしているわけではないです。いろいろここに書いてあるやつが普通でいう、JEAGで書いてある配管の応力評価方法、それと違うので、違うことのいい、悪いは、今、言っておません。ただ、大小関係はちっとお聞きしたんですが、明確な答えはいただけなかった。

大小関係ある、要するに差異があるでしょうということでは言われたんですが、その差異に対してどういうふうに処置をしているか、そこはちゃんとお聞きしたいと。許容応力に対して、応力評価しているという観点で、そこをお聞きしているだけです。

○山田部長 鉛直方向を考えることによって、従来工事計画認可で認めていた方法から保守性を削り込んでいるかどうかというのが、今回の議論です。

先ほど私が申し上げたとおり、鉛直方向のフロアレスポンスを入れることによって何が変わったかというところ、穴埋めすることによって、従来よりも高いレベルの加速度、レスポンスで設計することになってしまったというところだけが、私は違いではないかと思うんです。

なので、それによって保守性を食い潰しているか食い潰していないかというところの御説明を多分いただけると、それで。定ピッチスパン法がいいかどうかは別としても、従来工事計画認可でこれまでの実績のあるものを逸脱はしないんじゃないかと思います。

すみません、これは、どちらの立場に立っているか、私、わからないことで、仲裁的な発言をしましたが、私の言ったことに対して、双方から意見があれば言ってください。

○吉田上席審査官 おっしゃっているとおりで、まさに普通にJEAGで言っている配管の解析、応力評価、そこでやっているのに対して、定ピッチスパン法は従来から保守側にちゃんと簡易評価でやっていますと言っている。それが今地震力がいろいろ大きくなった。なったところにプラス、今までは1方向みたいな考え方を3次元で考えなさいということになった。これは今まで一次元で考えてるやり方、そのままストレートに使えますかといったら、それは無理でしょうと。

ということで、そういうことに対して、今までの性能と同じように、ちゃんと定ピッチスパン法を使っていますかと、そこをお聞きしていると。

○山田部長　それで、組み合わせ、鉛直が入ったことよっての組み合わせについては、適切に組み合わせた上で使えるところとってありますということですよ。そこ……。

○吉田上席審査官　鉛直については、適切というのか、3次元のはり解析と同じような考え方、合理化をしまして。従来の定ピッチは、そういう方向性を考えないで絶対和をしたところを、という保守性があった。それは今回やめましたねというのは、今どっちにする、先ほどお聞きできた。そういう意味で、従来と同じではないということは、それはよろしいですよ。

○四国電力（堀内副リーダー）　四国電力の堀内です。

それは従来から組み合わせ方を変えているという観点では違っております。

○四国電力（黒川部長）　すみません、四国電力の黒川ですけど。

それは、私どもは前提で、本日議論に臨んで、従来より御説明をさしあげていると理解してたんですが、でよろしいですよ。

○吉田上席審査官　はい、それはいいです。もともと、だから、ちょっと最初のパワーポイントには書いていなかったけど、抜けてる部分があったんですけど、多分、同じだろうと、従来の説明と同じだろうということで確認をさせてもらっただけで、それは基本的な論点ではないです。

○山田部長　じゃあ、それはクリアだと。要するに、組み合わせで出てきた応力の後ですよ。後で、その水準がどうかということでもいいですか。

○吉田上席審査官　ただ、言っているのが、その応力そのものをどう算定しているか、従来の算定方法のままのはずなんですけど、これは実は高木が言ったように、あんまり明確には書かれておりません。ここに書かれているやり方を見ると、3次元よりも非安全側の要素のことばかり読めるので、そこはどういうふうにしていますかということ、そこを聞きたいんです。

○山田部長　ただ、それは従来の工事計画認可の際に定ピッチスパンを適用したときと同じですよ、今、鉛直を考えることになったことよって変わった話ではない。

○吉田上席審査官　はい、イエスです。そのときに、先ほど言ったように、ちょっと細かいこと言いましたが、非安全側に、固有振動数そのままの概念でいったら、短周期側にずれちゃいますよとか、配管モデルそのものも3次元のはりモデルと違って、3次元のはりモデルは集中マスでやっていますが、ここは分布マスにして、等分布マスにして、これもかたい側に出るように。

先ほど来ずっと説明されている保守側というのは、柔側に設計するから保守側ですよという話と今の実際の挙動というのは逆になります。ただ、それをそのままやっていると、当然、今までもオーケーだから、思っていないので、そこをちゃんと説明してくださいということですよ。

○山田部長 では、それは今日の議論ではないということ、今後、工事計画の認可の審査なりなんなりの中で議論をさせていただくということにしましょう、でいいですね。

という整理にして、あとは、私が言った、ちょっと上に上がってしまったということで影響が及ぶか及ばないかというところの論点ですけども、それでよろしいですか。

○関西電力（石黒マネジャー） 論点という意味では、異論はございませんけれども、ただ、技術基準適合性の観点から考えますと、発生値と許容値というのがあって、例えば発生値が10であって、許容値が100だったと。それが地震力が上がって発生値が10だったものが20になって、許容値よりも下であるといったときに、技術基準適合性の観点からは特段問題視するものではないのかなというふうに考えてございまして、地震力が上がったことによって、何がかわるかというところが何か論点なのかなというふうに思っております。

そこが、ちょっと私だけかもしれないんですけども、十分理解できていないところでございます。

○山田部長 その許容値というのは、フロアレスポンスが決まったときに出てくる応力の許容値ですね。

○関西電力（石黒マネジャー） 許容値自体は、その物の材料とか、厚さとか、温度といったもので一義的に決まるものでございますから、床応答曲線との関連はないものというふうに考えてございます。

○吉田上席審査官 すみません、ちょっとだけ補足します。今、石黒さんが言われたこと、その許容値というのは、先ほどの別紙の1ページ目に書いている表1、この応力評価をしたときの許容値としてJEAGについてる、それを指しています。

補足は以上です。

○山田部長 すみません、私の説明をもう少しちゃんとしようと思うと、この3ページ目のところがいいのかな、すみません、資料2ですね。こう流れていって、発生応力が許容応力以内になる最大の支持間隔を標準支持間隔とするという、ここの許容応力ですね。

私が申し上げた、制限振動数ですね。制限振動数は、これはどう決めているかという、

どれぐらい外すかというので、多分、設計者の方々が設定をされていると思うんですけども、この制限振動数の設定の仕方はどうなんでしょう。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

これまでのプラントの耐震設計におけるプラクティスとしましては、建屋の応答解析をして、その建屋について、下層階から上層階までの床応答曲線を求めまして、それらを全て包絡してやったときに、一番卓越するピークが出てまいります。大抵は建屋の一次ピークとかに対応したようなものになるんですけども、そういう卓越した床応答曲線の左肩があるんですけども、それよりも剛側に外すということで、制限振動数というものを設定してございます。

○山田部長 いや、どの程度、剛側に外しているかによって、例えばこの5ページの図でいくと、加速度をここまでですとって制限するわけですよ、外し方で。例えば、今の穴埋めしているものよりも、もう少し左側のところに従来の制限振動数というのは設定しているとすると、それは変わってくるのか変わってこないのかということなんですよ。

○関西電力（石黒マネジャー） この5ページのほうを見ていただいたときに、この制限振動数を設ける目的といいますのは、加速度を落とすということではございません。ここは少しわかりにくいところかと思うんですけども、6ページのところに書いてございますように、JEAG4601-1987にはどのピークを避けるのかとか、どの程度避けるのかといったような具体的なことは書いてございません。それを具体的に書いているJEAGというのは、恐らくないんだと思うんですけども。

そのJEAG4601-1970においては、この文言の前に、実際に例題として配管の解析をした例が書いてあるんですけども、その解析の結果でもって、このような記述があると。すなわち、配管の一次の振動数を建物の一次固有振動数前後を避ければということ、ここでは、床応答のピークとは書いておらずに、建物の一次固有振動数という表現をしてございます。

先ほど四電の池田さんが建物の床応答曲線の一番大きなピークを剛側に避けるということをおっしゃったんですけども、多分それが建物全体で一番大きなピークというと、それが一次固有振動数にかなり近い値でしょうということと、それを避けると。それは従前の水平のときから同じになるんですけども、どれだけ避けるかということではなくて、その左肩よりも剛であればよいというのが従前からの考え方ですので、どれだけ避けるかということについての答えというのは、ちょっと持ち合わせていないということでございます。

○山田部長 多分、書いてないんだから、基準はないんだろうと思うんですけども。従来の設計というのは、どれぐらい外されているのか。私が申し上げてるのは、この実際の定ピッチスパンというのは、制限振動数で決まっているのか、それとも、応力の制限値で決まっているのかというと、多分、応力の制限値で決まっているんですよ。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

そういう応力制限のほうでももちろん決まっております。

○山田部長 ですよ。

○四国電力（池田グループリーダー） はい。

○山田部長 とすると……。

○四国電力（池田グループリーダー） もちろん、制限振動数より剛側にするというのが、まず、重要配管についてはあるんですけども、その上で応力制限をかけていると。

○山田部長 とすると、実際に設計されている配管で発生している応力、加わっている加速度って、それなりに小さい数字なんじゃないんですか。

○四国電力（池田グループリーダー） もちろんそのような場合もありますし、剛側に回避していても、こちら、説明資料2のほうの8ページにございますけれども、この青線で制限振動数を回避したところに、緑のピークがありますけれども、そういうところに配管系の振動数が来ておれば、そんなに大きくは落ちないと、そういう場合もございます、もちろん。

○山田部長 鉛直が入ってくることによって、穴埋めするとすると、そのときに出てくる加速度というのまで許すとなると、結構、大きいとこまで許すこととなりますよね。

○四国電力（池田グループリーダー） 四国電力、池田です。

山田部長おっしゃっているのは、この5ページのこちらの図面、見られての話だと思うんですけど。

○山田部長 はい。

○四国電力（池田グループリーダー） この赤で示しておりますこちらの床応答曲線、これ、PWRとかの応力制限の定ピッチで使っているときの、いわゆる、ここが谷と申しますと、谷埋めのこういうスペクトルなんですけども、実際というか、設計上の配管系の振動数というのがこういうところに来るような場合がありますと、谷埋めしてなければ、こういう谷のところの応答加速度で設計評価をするんですけども、実際設計としては、こういう谷埋めという行為をいたしまして、こういうかさ上げした応答加速度に対する応力評価を

して、それが満足するようなスパンを決めてるというものでございます。

○山田部長　とすると、従来、水平だけでやっていた制限周波数を超える場合って出てきませんか。制限周波数で許していた、想定をするというか、そこまでしか使っちゃいけませんよと言っていた加速度というか、応力よりも上に行ってしまうたりしますか。

○四国電力（黒川部長）　四国電力、黒川です。

すみません、上というのはやわらかい側ですか、かたい側ですか。

○山田部長　上です。応力が大きな数字が出てくる。

○四国電力（黒川部長）　その配管の固有値の領域で、谷埋め、それとピーク保持をしなければ、水平と鉛直がひっくり返っている領域がありませんかということですか。それは生のFRSでいけば、当然そういうこともあります。

ただ、そこできちんと双方を谷埋め、ピーク保持をきちんとやるとけば、それより高い加速度は入力されないわけですから、その点で、その一番大き目に見積もった加速度によって、この応力評価を担保していると。

○山田部長　というのは、だとすると、従来制限した周波数よりもやわらかい側で使っていることになりませんか。

○四国電力（黒川部長）　四国電力の黒川です。

従来制限していた周波数は、先ほど来、うちの池田から御説明申し上げていますように、建屋側から大体、決まってくると。今回、地震動の見直しをやりましたけど、建屋は従来そのままですから、根本的に建屋の固有値が変わっているわけではないですよ。ですから、建屋側のピークは出てくる辺りが、そう変わるわけではないです。

○四国電力（堀内副リーダー）　ちょっと補足しますと、よろしいですか。四国電力の堀内です。

従来は水平の動的地震動に対して制限振動数を設けていたと。水平のXとYとのFRSを見比べて、大きい最大のピークとなる、例えばXが大きければ、Xについて制限振動数が定められていたと。今回、鉛直方向について動的地震動が設けられましたので、鉛直方向についても、建屋に対して卓越する周期が出てきます。これを確認した上で、水平よりも小さいというものを確認して、加速度として水平よりも小さいというのを確認しておりました。最大ピークを制限振動数とするという設計方針は従来から変わっておりませんので、そういう意味で、建設工認と今回の新規制の工認において、制限振動数に変化はなかったということでございます。

○吉田上席審査官 規制庁の吉田です。

今の規制庁側の質問を少し補足します。非常に単純なことをお聞きしてて、先ほどの5ページで、あるところで従来、制限振動数が引かれますと。谷埋めのところにひっかかるかもしれないし、もうちょっと右側かもしれないと。それに対して、想定で、鉛直が左側に大きなピークが出てきました。もちろん、最大値にはなってませんと。だから、当然それは避けてないですよ。ところが、ピーク保持はされますよね。

ピーク保持をされたときのその制限振動数と設定された加速度は、従来の加速度よりも大きなものになった場合、従来、その制限振動数の加速度で物を制限して設計していたのが、大きくなってしまいました。これについて、どうされていますかという質問をただけです。

堀内さんの言われていることは、別にそれは構わないんですが、今の大きくなった場合、従来の値より大きくなった場合にどうしているか、それを教えてくださいという。

○四国電力（堀内副リーダー） 制限振動数、振動数じゃなくって、加速度が大きくなった場合というお話かと思います。それは、制限振動数の設定には関係ございませんので、それは応力評価の段階で、その加速度をもって応力評価を行うということでございます。

○吉田上席審査官 それで、質問で、だから、従来の発生している応力が十分小さかったんですかということをお聞きしたと思います。そういうイメージで、まだ応力が、加速度が大きくなっても、まだ余裕が、今のやつは、従来の設定のやつは余裕を持ってやりましたかということ、それはやっていたと、そういうことのイエスでいいですね。

○四国電力（堀内副リーダー） 四国電力の堀内です。

はい、そういうことで結構です。

○吉田上席審査官 それがどれぐらいかということをお聞きしたんです。どれぐらい余裕を持ってやっていたかということをお聞きしただけです。

○植木主任審査官 すみません、規制庁、植木ですけど。

ちょっと今の話を整理すると、加速度が大きくなって、仮にそれで応力評価をして、許容応力を超えたらスパンを短くして、許容応力を満足するようにスパンを決める、そういうことでよろしいんですね。

○四国電力（池田グループリーダー） もちろん、そのとおりです、それは。はい。そういう意味で、発生応力をちゃんと満足できるようなスパンを決めていくということ、そういう意味で、技術基準をちゃんと適合させるようなことをやってございます。

○吉田上席審査官 今回の場合、制限振動数は、じゃあ、変えないままでいると、そういうことなんでしょうかね。

○四国電力（池田グループリーダー） 建屋ごとで見たときの制限振動数というのは、今回も確認しているんですけども、それは変わってございません。変えておりません。

○植木主任審査官 規制庁、植木です。

ちょっと今の話は、だから、最初に制限振動数以下になるようにある振動数を設定して、それはある意味じゃ仮設定であって、それで応力評価をやって、許容値以下であれば、そのままスパンを決めますと。許容応力を超えてしまったらば、スパンを短くする、イコール振動数を制限振動数よりももっとかたくして設計しますと。ということによろしい、2段階というか、まず最初、振動数を設定して、次に、応力評価をやって、スパン……。

○四国電力（池田グループリーダー） そういうふうな、フロー上は、そういうイタレーションを起こして、適切なところにスパンを設定していくということを行ってございます。

○山田部長 すみません、私が言い出したことなんで、制限振動数は変わらないということなんです。それで私はわかりました。

○吉田上席審査官 ただ、お聞きしたとき、じゃあ、制限振動数からどれぐらい離して設計するかというのは、じゃあ、もう定性的に言えば、それに対して許容応力が満足するところまで、だから、制限振動数より左ではなくて、それに対して許容応力を満足するだけ、もう少し離す場合が当然ありますよと。そういう設計をしています、そういうことによろしいですね。

○山田部長 そこは、許容応力が満足するところまでは設計者の選択で設定できるというのが、この定ピッチスパン法で書かれていることだから、それはそれで私はいいんだろうと思うんです。

○吉田上席審査官 書いてないんです。

○山田部長 いや、でも、どこまで制限振動数によって決まる許容応力まで許しますかというところは何も書いてないかということは設計者の自由度に任されているということだと私は理解をします。

○吉田上席審査官 すみません、工認資料はどう書いているかといったら、要するに最大支持間隔は書いていますと書かれているんですが、その最大支持間隔には、じゃあ、もう一つは、最大の支持間隔ですね、そこには、さっき言った許容応力のやつが入っていると。超えちゃったから剛側にスパンを短くしたやつでちゃんと入れていきますよと。

だから、制限振動数は制限振動数でまた最初の入り口、そういうやり方をしていますというところを、もうちょっと少し流れるようにシナリオを説明していただければよかったというふうに、ただそれだけです。

○山田部長 多分もうこれで決着だと思いますんで。

○津金主任審査官 規制庁、津金です。

また1ページ目に戻るんですけども、はじめにのところで、なお書き、九電、特重については、今、御説明いただいた方針ではなくて、鉛直方向についてもピークを避けるという設計をすると書かれております。

一方、日本原電のほうから同じような設計をするという表明がありましたけれども、その二つ以外は、このピークを外すという設計はやらないという、そういう方針であるということですか。

○関西電力（藤井部長） 関西電力、藤井でございます。

本日のまず御説明の趣旨は、まず、技術基準適合の観点からどうあるべきかと、定ピッチのこの配管支持間隔の設定がどうあるべきかというところを御説明しなさいという趣旨で伺っていると理解してございます。まず、技術基準適合の観点からは、この1ページでいいますと、この「本日は」と書いたところの事業者見解のとおりであって、このとおりです。

ただ、この事業者見解としては、ねばならないやつでいうと、ピークを全部外さなきゃいけない云々とは思っていない。けども、ピークを全部外す設計を否定しているわけではないということだと思っています。

このなお書きに書いている九州電力の例でいいますと、九州電力はそのピークを全部外すような設計を、方針をとられて、それはそれでいいし、それを設計を選択する事業者はあり得るし、場合によっては、関西電力だってあり得る話かと思っています。

でも、今の議論は、技術基準適合の観点から、ねばならないものが何かというところかと思っています。これは、ねばならないものではないというのが、この事業者の共通見解というところでございます。

○津金主任審査官 規制庁、津金です。

ねばならない話で、基本は最大のピークを外せばいいというのが基本方針だけれども、じゃあ、全部外すというところが出てきたときには、それはそれで結局、最大も外しているし、そうでないところも外れているので、その設計方針は問題ないと。むしろ、こちら、

規制庁のほうから当初言ったピークを外すという点では、むしろそちらのほうが合致しているかもしれない。

だから、なお書きでここだけ書かれてしまうと、あたかも九電の特重のみやられて、もうこれ以上はないというふうにも読み取れたので、お聞きしたので……。

○山田部長 すみません、これもちょっと内輪で申し訳ありません。どの事業者がどれを採用するのかは、今日の議論ではないので。ここで九電、ここに書かれているとおりにやるかどうかという意思表示だけをされている話なので、ちょっとそこは今日の議論から外れているので。

○吉田上席審査官 細かいことはまた審査の中で確認していきますが、先ほどの見解を示されています。僕がお聞きした話も、それであれば、要する九電と同じ振動数の出し方をしていますと、そういう理解でよろしいですね。それか、それとも、違う話なのか。

それについては、今ここでは実際具体的にどういうこと書いてないので、審査の中でおいおい確認させてもらうということによろしいですよ。

○山田部長 それは、よろしいですよねじゃなくて、我々がそうしますというだけの話だと思います。いやいや、振動数をどう決めるかという話ですから、この決まった振動数をどう決めるかという話というのは、モデルで出てくるこの振動数の決め方だとかなんとかという話で、どこを外すか外さないかという話ではないですよ。ちょっとわかりにくくて申し訳ない。

○四国電力（池田グループリーダー） すみません、四国電力、池田です。

それは定ピッチ配管で設計する場合の配管系の固有振動数という意味でしょうか。それは、スパンコードで出てくる曲げ振動に伴う振動方程式を解いて出てくる固有モードがあるんですけども、それを固有振動数ということで、スパン表のほうにきっちりと記載しております。

九電さんのほうで、そういう、この5ページに、資料2の5ページにございますけど、こういうふうに全部のピークを外していくという、そういうところでいろいろ確認していつての定ピッチスパン表で書かれている固有振動数もあるんですけども、実配管ということで、より実機の配管に近いような検討、モデル化をして得られてきた配管の固有振動数があるんですけども、そういう定ピッチスパンコードで求められる振動数とはちょっと違う、実機に近いもので比較したというふうに私、理解してございます。それとは違うということでございます。

○吉田上席審査官 すみません、だから、何度もお聞きしているのは、実機の配管系の振動数、それがピークを避けていけば、基本的にはいいような説明をずっとされていたので。ところが、スパンコードから算出されたスパン表の振動数は、それとは多分、違うという説明だと思いますけど、だったら、ちゃんと振動数を避けて、その上でさらに許容応力の話もあります。それは何を見ればいいのか、今までの申請資料の中では直接それをどれを見ればいいのかというものがなくて、九電さんは、それはこういうふうに見ればいいのかというものがあつたんですけど、それと同じ考え方でよろしいですかということをお願いしています。

○山田部長 それは、よろしいですかじゃなくて、持ってこられたやつを我々が審査して、よろしいと言うかどうかの話なので。

○四国電力（黒川部長） すみません、四国電力の黒川ですけど。

何か大きく、ここでまた論点がちょっと認識の違いが出てきたかと思います。この3ページのところで、すみません、資料2の3ページのところで、冒頭、藤井部長が御説明をさしあげましたように、この左側上のモデルをつくって、固有周期を出しますと、スパンコードで出しますと。それが右側のこの辺に来たら、この加速度を入れますと。当然ここで出した周期Tが、固有周期Tがずっと右側に行つて、制限振動数を右側にずっと逸脱してれば、それはあり得ないと、入っていますよと。この辺に、今のTの位置にいれば、この読み取り加速度を次の応力評価に入れていくという話だと説明したつもりなんです。

ですから、あくまでもスパンを決めるのは、スパンコードであつて、仮想的というか、設計上設定したスパンでしかない。実機は、それより内側に必ず来ますというのは、余裕の説明のところでも、今日も何度か説明をさせていただいたと思いますが、その実機の話とこの定ピッチの手法のスパンの話と一緒にするとまたごちゃごちゃになるように思うんですが。

○吉田上席審査官 いや、すみません、おっしゃっていることはそのとおりで、定ピッチスパン法は、だから、応力評価法から何から違うわけですし、先ほどの別紙の1ページは、3次元はりモデルで、普通の振動解析をやったときにある振動数で発生するモーダル解析の荷重で評価をしている。ところが、今そこが振動数が同じものかどうかということで、それがスパンコードに書いているスパン表の数字は違うということで、九州電力のところはそこは3次元の振動数だったらこういうところになりますよというのを見る指標を出していただいたわけです。

だから、それは同じように、応力評価がその3次元で使っているJEAGの標準的な一般的

な配管の応力評価なので、そこに該当するためのところで、等価の性能があるかどうかと  
いうことを確認しますと、そう言っているだけです。

○山田部長 すみません、これも多分、審査の中での議論をここでやってしまっているの  
で、黒川部長の御指摘のとおり、ちょっと逸脱をしているので、これはここでまた打ち切  
らせていただいたほうがいいかと思えます。

今日ここで、我々自身もいろいろ議論をさせていただいて、頭の中の整理がついたとこ  
ろもあるので、審査をしている者の中で整理をした上で、結論を出さなきゃいけないと思  
いますので、今日の議論は、まだ残っているのがあれば、私のこの発言の後にまだ質問さ  
せていただくかもしれませんが、我々の持っている限りの質問させていただいて、  
説明を聞かせていただいて、それをそしゃくした上で、我々の考え方に整理がつけば、そ  
れをもとにして委員会のほうに報告をして、委員会で御了承いただければ、またそれに  
応じて皆さん方のほうとお話をさせていただくという形にしたいと思っています。

それで、ということで、まだ確認しておきたいことがあれば質問してください。いいで  
すか。

では、そちらから、まだここがわかってないはずだというようなところがあれば、念押  
しにさせていただくことがあれば。

○関西電力（藤井部長） 関西電力、藤井でございます。

これ、本当、確認だけでございますけども、先ほど津金さんから御質問のあった、こ  
の九州電力の件ですけども、その中で、私のほうから、ねばならないものが何か、技術基  
準適合の観点から何かというところがあって、私個人の理解としては、この九州電力さん  
がとられた措置というのは、これが技術基準を満足しているのは、これは間違いなと思  
っているんですが、技術基準を満足するためにこうしなけ——ねばならないものではなく  
て、従来からほかの事業者がやってきた工事計画の認可をいただいた手法は、技術基準を  
満足していることに何ら変わりがない。この九州電力さんがこの方針をとられたことがそ  
れに影響を及ぼすものではないというのが私の理解なんですが、そこは規制庁さんの御理  
解と違うということなんでしょうか。

○山田部長 いえ、あくまでも規制要求されているのは、発生する応力が許容応力以内だ  
というか、もっと言えば、設計上想定すべき地震動で配管が損傷しないこと、これが規制  
上の要求で、それをさらにかみ砕くと、発生応力が許容応力以下で。その発生応力の評価  
の方法としてどれがいいんでしょうかというのが今日の議論で、こういう方法じゃ、最後

の結論としての配管が損傷しないことというのが満足できるかできないかって、その評価方法として適切なものは何かという議論なので。すみません、長々と言いましたが、評価方法としてユニークであるということは、御承知のとおり、ないということです。

○関西電力（藤井部長） もう1点だけなんですけど、議論の中でもあったかと思うんですが、今回の議論の一つのポイントが、新規制基準が導入されたことによって、従来はできていたもの等が、従来はある程度是とした上で、それに付加されたものが新規制基準の影響で何か考慮しなければならないものがあるかないかというものであって、従来の評価で是とされていたものを洗い直すという議論ではないという理解でよろしいでしょうか。

○山田部長 評価方法として、従来のものが不十分になったということであれば、それは従来の評価を見直す必要は出てくるということになりますので、申し上げたいのは、評価方法として、これまでやったJEAGにさらなる条件をつけたものでなければ是認できないということになれば、評価は見直していただくというか、説明の仕方を改めていただくという事は必要になってくると考えています。

○関西電力（藤井部長） 関西電力、藤井でございます。

それは、今後の検討次第では、その可能性があり得るといふ御発言だという理解。

○山田部長 はい、そのとおりです。

○関西電力（藤井部長） 承知いたしました。

○山田部長 すみません、それは委員会に諮って、委員会の決定を受けないといけないので、私の一存で決められるわけでありませんので、念のため。

よろしいですか。

それじゃあ、もうこれ以上の御発言がないようであれば、ちょっと予定した時間をかなり長引いてしまって、私の進行もあって、ポイントが外れたのをすぐ切れなかったということもあって、時間を超過してしまったことはお詫びを申し上げたいと思います。

それでは、今日は御参加をいただきまして、大変有意義な議論ができたと思います。どうもありがとうございました。