

建物・構築物の免震構造に関する検討チーム

第4回会合

令和2年10月22日（木）

原子力規制委員会

(注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。)

建物・構築物の免震構造に関する検討チーム第4回会合
議事録

1. 日時

令和2年10月22日（木）9：30～11：09

2. 場所

原子力規制委員会 13階A会議室

3. 出席者

原子力規制委員会

山中 伸介 原子力規制委員会委員

石渡 明 原子力規制委員会委員

外部専門家（順不同 敬称略）

菊地 優 北海道大学大学院 工学研究院 建築都市部門 教授

久田 嘉章 工学院大学 建築学部ものづくり学科 教授

古屋 治 東京電機大学 理工学部機械工学系 教授

原子力規制庁

大村 哲臣 審議官

川内 英史 技術基盤グループ安全技術管理官（地震・津波担当）

大浅田 薫 原子力規制部安全規制管理官（地震・津波審査担当）

名倉 繁樹 原子力規制部地震・津波審査部門 安全管理調査官

江寄 順一 原子力規制部地震・津波審査部門 企画調査官

三浦 宣明 原子力規制部地震・津波審査部門 主任安全審査官

井上 超 原子力規制部地震・津波審査部門 主任安全審査官

大野 佳史 原子力規制部地震・津波審査部門 安全審査官

大橋 守人 技術基盤グループ地震・津波研究部門 首席技術研究調査官

山崎 宏晃 技術基盤グループ地震・津波研究部門 統括技術研究調査官

猿田 正明 技術基盤グループ地震・津波研究部門 主任技術研究調査官

日高 慎士郎 技術基盤グループ地震・津波研究部門 主任技術研究調査官

4. 議題

- (1) 第3回会合での外部専門家からのご意見に対する対応方針
- (2) フェールセーフに対する考え方
- (3) 建物・構築物の免震構造に関する検討チームでの主な論点の取りまとめ

5. 配付資料

- | | |
|---------|-----------------------------------------------------|
| 資料1 | これまでの外部専門家からのご意見に対する対応方針 |
| 資料2 | フェールセーフに対する考え方 |
| 資料3 | 建物・構築物の免震構造に関する検討チームでの主な論点とその対応の基本方針・考え方（案） |
| 机上配布資料1 | 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 <抜粋> |
| 机上配布資料2 | 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈 別記1、別記2 <抜粋> |
| 机上配布資料3 | 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈 <抜粋> |
| 机上配布資料4 | 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド<抜粋> |

6. 議事録

○山中委員 それでは、定刻になりましたので、ただいまから建物・構築物の免震構造に関する検討チームの第4回会合を開催いたします。

司会進行を務めさせていただきます原子力規制委員会の山中でございます。よろしくお願いたします。

なお、本検討チーム会合ですが、免震構造に対する基準地震動について議論をする予定ですので、地震動を担当されておられます石渡委員にも検討チームのメンバーとして参加をしていただきます。

本日の会合は、新型コロナウイルス感染症対策のため、テレビ会議システムを用いて行っております。

また、一般傍聴については傍聴席の間隔を空け、座席数を制限して行っております。

テレビ会議システムでの会合における注意事項を説明させていただきます。

説明者は名前をきちんと行ってから発言を行ってください。また、映像から発言者が特定できるよう必要に応じて挙手をしてから発言を行ってください。また、説明終了時には終了したことが分かるようお願いいたします。

説明に当たっては資料番号を明確にし、資料上で説明している部分の通しページを明確にしてください。

音声について不明瞭なところがあればお互いにその旨を伝え、再度説明をしていただくということにさせていただきたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

古屋先生が10分ほど遅れて参加されますので、御承知おきください。

続きまして、本日の配付資料の確認を規制庁から行っていただきます。よろしくお願いいたします。

○川内安全技術管理官 おはようございます。規制庁の川内です。

お配りしています議事次第に基づきまして、本日の配付資料を確認させていただきます。

本日は3件の議題を準備しております、その三つの議題に対応して3種類の資料がございます。資料の1がこれまでの外部専門家からのご意見に対する対応方針、資料2がフェールセーフに対する考え方、資料3が建物・構築物の免震構造に関する検討チームでの主な論点とその対応の基本方針・考え方の案となっております。

また、机上配布資料としまして、関連します規則解釈もしくは審査ガイドからの抜粋を示しております。

配付資料は以上でございます。

○山中委員 資料に不備な点などございましたら、原子力規制庁へお申しつけいただければと思います。

議事に入らせていただきます。

本日の議題は、最初の議事次第にある三つを予定しております。

まず、最初の議題1について、規制庁から資料1を用いて説明をお願いいたします。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

それでは、資料1に基づきまして、今までの外部専門家からのご意見に対する対応方針について御紹介いたします。この資料は、第1回～第3回までのものをまとめておりますけれども、今回、第3回で御指摘いただきました2ページ目の一番下の5b、免震構造に関する基本事項、他施設・設備への影響等で、古屋先生のほうから、フェールセーフに関して考

え方について意見交換をする時間を取っていただければと思う、菊地先生から、フェールセーフは、擁壁との衝突の緩衝材、あるいは、過大な水平変形時の積層ゴムの鉛直支持能力を肩代わりするソフトランディング装置があり目的が違うので、定義を明確にしたほうがよいという御意見をいただきました。これにつきましては、次の議題2でフェールセーフに対する考え方をお示ししたいと思います。

以上でございます。

○山中委員 議題1は以上でよろしいですか。

何か質問、あるいはコメント等、ございますでしょうか。いかがでしょう。よろしゅうございますか。

それでは、引き続き議題2に入りたいと思います。

議題2は、今、議題1でも説明がありましたが、フェールセーフの考え方について議論をしてみたいと思います。

それでは、資料2について規制庁から説明をお願いいたします。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁、山崎でございます。

それでは、資料2を用いまして、フェールセーフに対する考え方として説明のほうをさせていただきます。

それでは、1ページ目をお願いいたします。まず初めに、こちらは学協会におけるフェールセーフの考え方について示してございます。

上の一つ目につきましては、菊地先生のほうで日本免震構造協会のハンドブックに執筆されています部分を抜粋させていただいたものです。こちらでは、フェールセーフとは、システムに故障や不具合などの事象が発生した場合に、システムが確実に安全側へ移行するように制御する装置、あるいはその設計思想ということで、免震構造におきましては、下の段落に行っていただきますと、地震に対しては想定以上の過大な地震入力に対しても免震建物の安全性を担保するため、免震部材が荷重支持機能を喪失しないように変形を抑制すること、また、機能を喪失しても別の機構が荷重支持を肩代わりすること、これらをフェールセーフとしています。

また、日本建築学会の「免震構造設計指針」でもフェールセーフについて少し触れておりまして、下の最後の2行のところでございますけれども、想定を超えた入力地震動に対して建物の崩壊等を確認したり、フェールセーフ等を含めた一定の安全余裕度を確保することが必要とされています。

続きまして、2ページのほうをお願いいたします。今お示ししました学協会での考え方を踏まえまして、この建物・構築物の免震構造に関する審査ガイドにおける基本方針として以下のように整理いたしました。

①につきまして、繰り返しとなりますが、学協会等におけるフェールセーフの考え方をしましては、想定を超える地震動に対して、免震部材が荷重支持機能を喪失しないように変形を抑制すること、荷重支持機能を喪失しても別の機構が荷重支持機能を肩代わりするということではありますが、②審査ガイドにおけるフェールセーフの取り扱いとしましては、原子力発電所施設では、上部構造や内包する機器設備等への影響を避けるため、水平方向に対しては十分なクリアランスを確保するということを前提としまして、安全性のより一層の向上を目的に、設計を超える水平方向の過大な変形により免震装置に損傷や破損が生じて荷重支持機能を喪失するおそれがある場合といった場合を想定して、これに対して鉛直荷重支持機能を担保する装置等を設置することを本審査ガイドにおいてはフェールセーフの対象とすることで考えております。

また、③のほうですが、この鉛直荷重支持機能の担保に関する考え方について、本審査ガイドにおきましては基準地震動 S_s に対する設計、すなわち S_s に対して免震構造の成立性を求めるものでありまして、それ以上の地震動、すなわち S_s 以上の地震動を想定することを求めるものではないということですので、免震装置とは別の鉛直荷重支持機能を担保する装置の設計を要求するものではないということを基本としています。

ただし、一方で、事業者が上部構造の機能喪失までの冗長性を確保するといった、安全性のより一層の向上の観点から鉛直荷重支持機能を担保する装置を設置する場合に対しまして、その装置等の設置による免震性能や機器設備等への影響を確認することで考えております。

なお、次の3ページ目では、フェールセーフの具体的な事例というものを参考までに挙げさせていただいていますが、ここでの説明は省略させていただきたいと思います。

私からの説明は以上となります。

○山中委員 それでは、ただいまの説明について御質問、御意見等、ございますでしょうか。

どうぞ。

○菊地教授 菊地です。よろしいでしょうか。

○山中委員 どうぞよろしく申し上げます。

○菊地教授 今回の資料2の2ページの③でございますけども、鉛直荷重支持機能の担保に関する考え方の2ポツのこの趣旨は、決してフェールセーフの設置を妨げるものではないということでしょうか。設置をしてもいいけども、その場合は免震性能や機器設備等への影響を確認するというのは、もしかしたら設置することで免震性能や機器設備への何か悪い影響を懸念されているというようなことでしょうか。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁の山崎でございます。

今、先生からお話いただきましたように、基本的にフェールセーフを妨げるような施設、ここでは鉛直荷重支持機能を担保する装置となりますが、そういった装置の設置を妨げるといったものではありません。ただ、それを設置することによって、万が一ということですけども、上部構造物やその中に内包する機器設備等、そういったものに対して何らかの影響がないといったものを念のため確認するという事で考えております。

○菊地教授 了解しました。ありがとうございます。

○山中委員 そのほか、ございますでしょうか。

○久田教授 工学院大の久田です。

多分これでいいと思うんですけど、少し補足があったほうがいい、これを説明するかどうかは別ですけども、建築学会のはあくまで通常の建築物を対象にして、通常の建築物というのは、例えばL2地震という数百年に1回の地震、ぐらいのレベルを考えて、もちろん、じゃあ活断層とか超巨大地震、数千年に、数万年に1回の地震をどうするかって、それはもう想定を超えてしまうものに対してはフェールセーフが必要だということを多分言っていると思うんですけど、原子力の場合は、もう数万年、数十万年に一度の地震をSsというのは大体イメージしているので、それで相当高いレベルの地震動を考えているので、同じ免震といってもかなりかために多分していると思うんですね。それももう通常建築で考えている以上のレベルの地震動を考えているので、フェールセーフではないけども、かなりそれが入っているということが多分前提でこの③のことが書かれていると思うんですけど、ちょっとその辺が何かうまく伝わらないのかなという気はするんですけど、これだとフェールセーフはもちろんあったほうがいいですけど、相当高いレベルのものが既に考えられているので、あえてそれ以上のことを、Ss以上のことに対してこれが必要ないということの意味しているんだと思いますので、どうやって伝えるかなかなか難しいですけども、そういうことを前提にこれが書かれているんだと理解しました。ありがとうございます。

○山中委員 いかがでしょう。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁の山崎でございます。

御意見、ありがとうございます。今、先生にお話しいただきました趣旨のとおり考えておりました、今後、ガイド等をまとめるに当たって、その辺少し考えながら進めたいと思います。ありがとうございます。

○山中委員 そのほか御意見、御質問等、ございますでしょうか。いかがでしょうか。

どうぞ。

○久田教授 すみません、前回、古屋先生から議論したいと、今日まだいらしてないので、その辺どうしましょうか、別途、古屋先生の御意見も多分いただいたほうがいいかなと思ったんですけど。

○山中委員 いかがいたしましょう。後ほどまた議題を戻って、古屋先生から御質問、コメントをいただくということで、ここはよろしいですかね。そのようにさせていただいてよろしいでしょうか。

そのほかいかがでしょう、どうぞ。

○山崎統括技術研究調査官 すみません、規制庁の山崎でございます。

次の議題3の資料3の中におきましても、このフェールセーフの考え方というところは取り扱っておりますので、その際、古屋先生がいらっしゃったときに、また、古屋先生から御意見等がありましたら、そこでお受けしたいと思っております。

○山中委員 そのように進めさせていただいてよろしいでしょうか。ありがとうございます。

そのほか、いかがでしょう。よろしいでしょうか。

それでは、続きまして、議題の3に入りたいと思います。

議題の3では、第1回～第3回における主な論点の取りまとめとなっております。

資料3について規制庁から説明をお願いいたします。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

それでは、資料3に基づきまして御説明したいと思います。

タイトルでございますように、建物・構築物の免震構造に関する検討チームでの主な論点とその対応の基本方針・考え方（案）としてまとめたものでございます。

本検討チームでは、今後免震構造を採用する発電用原子炉施設の建物・構築物について合理的かつ効率的に設置（変更）許可、設計及び工事の計画の認可に係る審査を実施する

ため、免震構造に関する技術的事項（免震構造の審査の考え方、基準地震動、設計に関する基本事項、免震装置の品質管理）を主な論点として検討し、規制要求に関する基本的考え方を以下のとおりまとめました。検討に際しては、公開の会合を開くとともに、外部専門家、免震装置メーカー、原子力エネルギー協議会(ATENA)及び事業者から意見を聴取しました。

ということで、1にございます4点について主に議論をしてみました。

では、各項目について御紹介したいと思います。各項目は、論点、基本方針、考え方という構成でなっております。

最初に、免震構造の審査の考え方。

対象構造物ですけれども、論点は、免震構造のメリット、デメリットを踏まえ、審査の対象とすべき免震構造の建物・構築物についてでございます。

基本方針としまして、一部の安全上重要な施設、重大事故等対処施設を間接支持する建屋等、限定された範囲の建屋を対象とします。

原子炉建屋等の多くの安全上重要な施設を支持する建屋は対象としないものとします。

考え方です。免震構造は、免震建屋の上部構造に対する地震力の低減、地震時の作業環境の向上等の効果が期待できます。一方、免震構造は、基礎－免震層－上部構造が直列に接続するシステムであり、免震層（免震装置）の機能の喪失が間接支持する上部構造の機能に大きな影響を及ぼすおそれがあります。設計時の許容限界を超えた場合の冗長性は耐震構造程大きくはないと考えられるため、安全上重要な施設等を支持する建屋を免震構造とするには、原子力発電所施設における設計等の実績を積み重ねる必要があります。そのため、本検討チームの議論を踏まえ作成する建物・構築物の免震構造に関する審査ガイド（以下「審査ガイド」という。）では、多様性の観点から機能を代替する施設等である重大事故等対処施設を間接支持する建屋及び緊急時対策所等を対象とします。

ただし、多くの安全上重要な施設等を間接支持するような建屋については、本審査ガイドの適用対象とはしませんが、本ガイドの考え方を参考とすることは可能なものと考えます。

また、免震装置については、品質の信頼性や一般建築物での実績等を踏まえ国土交通大臣認定を得た装置を用いることを基本とします。ただし、大臣認定と同様の確認を行うことで新たに開発した装置又は大型化等した装置も適用できるものとします。

続きまして、設計方針、2ページでございます。

論点は、建屋の用途、荷重組合せに応じた設計クライテリアの使い分けについてであります。

基本方針としまして、免震装置は、基準地震動 S_s に対して基本的に弾性範囲で設計する。

弾性範囲として設定する免震装置の許容限界は、一般建築物で採用実績のある値を適用できるものとする。ただし、試験等により妥当性が確認された場合、一般建築物で採用される以外の許容限界も設定できるものとする。

上部構造、下部構造は、基準地震動 S_s に対し、要求性能に応じて機能を保持する設計とするとしております。

続きまして、考え方ですけれども、原子力発電所施設の耐震安全性を確保するため、耐震設計と同様に免震構造の建屋及び免震装置に関しても、基準地震動 S_s に対し、安全機能を保持する設計とします。

免震層は上部構造の地震力低減及び上部構造を間接支持する機能を有するため、免震装置が基準地震動 S_s に対して弾性範囲に留まる設計とします。例えば、積層ゴムについて、ハードニングやボイド等の発生による積層ゴムの機能の低下が上部構造の機能喪失につながるおそれがないようおおむね弾性範囲（例えば、せん断ひずみ250%以下、引張面圧 $1\text{N}/\text{mm}^2$ 以下）とします。ただし、試験等で妥当性が確認された場合、上部構造の特性、要求性能及び地震動の組合せにより、上記を上回る値を許容限界として適用することができます。この場合、必要に応じて地震時及び地震後においても免震装置に必要な機能が保持されていることを、維持管理活動（目視、シミュレーションによる評価等）の中で確認します。

上部構造について、緊急時対策所のような特定の部位に対して居住性（空調性能とあいまった気密性又は遮蔽性）が要求される建屋に関しては、弾性範囲の変形に留めることで居住性を確保することとします。また、特定部位に対して居住性が要求されない建屋であつて安全上重要な施設又は重大事故等対処施設が設置される建屋に関しては、部位に要求される機能（間接支持、波及的影響防止）に応じて終局限界に対する妥当な安全性を確保することとします。

以上につきまして、次の3ページの表1に地震動の組合せと評価結果について示しております。この表では、地震動の組合せを断層モデル波、応答スペクトル波で示してございまして、それに対して積層ゴムの許容限界、せん断ひずみ、引張面圧を示しております。

黒丸がついているところが適用する範囲でして、白三角のところがございます。

それについて御説明したいと思います。

基本的にせん断ひずみは、前に申しあげましたように、線形限界以下で用いるということ。それに対して、*4の三角、一番下のところでございますけれども、[応答スペクトル波] 水平2方向+鉛直方向に関しまして、ひずみ硬化域の挙動をモデル化した解析評価を行う。併せて、維持管理にて積層ゴムの性能が保持されていることを確認するという事で、線形限界を少し超えるようなものも許容しようと考えております。

続きまして、三角の*5、引張面圧のところ、 $1\text{N}/\text{mm}^2$ を超えるようなところがございますけれども、これについては、許容限界に応じて適切に引張剛性をモデル化した解析評価を行う。併せて、維持管理で積層ゴムの変形性能、支持性能は確保されていることを確認するというふうにしてございます。

続きまして、4ページにグラフがございますけれども、上のグラフは圧縮せん断の試験の例でございます。今申しあげましたように、線形限界について、このグラフを見ていただきますと、横軸がせん断ひずみになっておりまして、縦軸がせん断応力で、おおむね250%までは線形できておりまして、そこからひずみが進むに従いましてハードニングが生じていることが分かるかと思えます。

下の二つのグラフは引張試験の例でございます。上のグラフ、繰り返しの引張試験の結果でございますけれども、せん断ひずみを250%与えた状態で引張のひずみを15%、20回繰り返しております。一番上にある線が最初に引張を与えたときで、あと、下のほうに重なっておりますのが、2回目以降は少し降伏しての状態になっておりますが、おおむね同じような挙動を示していることが分かるかと思えます。

下のグラフですけれども、これはせん断ひずみがないもの、150%、250%、300%、400%とせん断ひずみを変えた状態で引張試験を行っているグラフでございます。このグラフを見ていただきますと、縦の破線がございます。これは0.05、5%のところ引いてございますけれども、おおむねそこまでは線形であって、その後、降伏して横に寝た曲線になっていることが分かるかと思えます。その点の引張応力を見ますと、 $1\text{N}/\text{mm}^2$ を超えたところにその折れ点が存在していることが分かるかと思えます。

以上の結果を参考にしまして、表3のような設定といたしました。

続きまして、3番、免震構造の設計に用いる基準地震動です。

最初に、基準地震動の策定。

論点は、免震構造の設計に用いる基準地震動（以下、略して「基準地震動」という。）

の策定における国交省の技術的助言の反映に係る考え方でございます。

この国交省の技術的助言は下にございますけれども、国住指第1111号として「超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について（技術的助言）」として、平成28年6月に出されたものでございます。

基本方針です。免震構造の設計に用いる基準地震動は、新規制基準の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価方法を用い、必要に応じて他の施設とは別に策定することで、国交省の技術的助言での検討と同等の検討とみなすことが可能である。

ただし、国交省の技術的助言で検討している地域、これは関東、静岡、中京、大阪の4地域ですけれども、に原子力発電所が立地している場合は、国交省の技術的助言での検討結果の地震動、これは基整促波と呼ばれておりますけれども、に対する影響を確認します。

基準地震動の策定にあたっては、下記に留意するというので3点挙げております。

やや長周期の地震動に影響を与える要因を適切に考慮する。

2番目が、やや長周期帯域の地震動レベルについては、地震ハザード評価結果等を踏まえ適切に設定する。

3番目、応答スペクトルに基づく地震動の継続時間は断層モデルを用いた手法による地震動の継続時間と比較検証するとしております。

考え方です。原子力発電所は、国交省の技術的助言で検討している関東平野のような比較的軟らかく厚い堆積層は存在しないものと考えられることから、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価方法を用いることで、免震構造に適用できる基準地震動を策定することが可能であると考えます。

ただし、評価にあたっては、サイトにおける地震観測記録やシミュレーション解析の結果を踏まえ、やや長周期の地震動に影響を与えるサイト固有の要因（やや長周期の地震動に影響を与えるようなパラメータ）を検証、特定した上で、それらの要因の不確かさを考慮することとします。

基準地震動の策定にあたって、やや長周期帯の地震動レベル（スペクトル振幅）については、サイト固有の要因の不確かさを考慮した評価結果に基づいて設定することとし、断層モデルを用いた手法による評価結果や一様ハザードスペクトルを踏まえて適切に設定します。

応答スペクトルに基づく地震動（模擬地震動）の継続時間の妥当性については、断層モデルを用いた手法による地震動評価の結果の継続時間と比較することによって検証します。

なお、本審査ガイドにおいて、「やや長周期」とは2秒程度以上10秒程度以下の周期帯を対象としています。

続きまして、(2) 基準地震動 S_s の水平方向成分と鉛直方向成分の組合せについてです。

基本方針としまして、基準地震動 S_s の水平方向成分及び鉛直方向成分は適切に組み合わせることとします。

応答スペクトル波の水平2方向では、組み合わせる地震動の位相特性を適切に設定します。

地震動の入力方向について、免震装置にとって最も厳しくなる方向に対し、応答スペクトル波の水平1方向及び鉛直方向の地震動を用いて検討するとしております。これは先ほどの表にございました斜め方向の入力について述べております。

続いて、考え方です。基準地震動 S_s の水平2方向及び鉛直方向の地震動を適切に組み合わせることとする。

応答スペクトルに基づく水平方向の地震動は1波のみであることから、水平2方向の評価においては、その位相特性が異なる地震動を適切に設定する。

免震装置の設計においては、建屋の斜め方向の地震動を入力した場合に、建屋隅角部に配置された免震装置の応答が大きくなることが想定されることから、応答スペクトル波の水平1方向及び鉛直方向の地震動に対する建屋の斜め方向からの入力による影響について確認する。ただし、構造上の特徴等によって、これ以外の方向で免震装置の応答が顕著に大きくなる場合については、この方向についても検討を行うとしております。

続きまして、4番目、免震構造の設計に関する基本事項でございます。

(1) 許容限界です。

論点は、一般建築物で適用される免震装置の許容限界の適用性です。

基本方針としまして、一般建築物で広く適用されています国土交通大臣認定の免震装置の許容限界を適用します。

ただし、試験等で妥当性が確認された許容限界も設定可能とします。

考え方です。許容限界について、大臣認定された免震装置が用いられることを前提に、大臣認定において妥当性が確認された許容値を許容限界として定めます。

ただし、上記許容値を超える値や、やや異なる指標等についても、試験等によりその値や指標等が妥当であることを確認できれば、それを許容限界として設定可能とします。

(2) 積層ゴムの許容限界、せん断評価、引張評価です。

論点は、一般建築物で使用される積層ゴムの許容限界（せん断ひずみ、引張面圧）の適用性です。

もう一つ、積層ゴムの引張面圧に係る評価として、ひずみ指標による評価の適用性です。

基本方針としまして、積層ゴムのせん断ひずみは、一般建築物で弾性範囲として適用実績のある値を許容限界とします。

積層ゴムの引張評価は、面圧による評価を基本とし、一般建築物で弾性範囲として適用実績のある値を許容限界とします。

ただし、2の審査の考え方の設計方針の（考え方）に示された事項を前提に、試験等により妥当性が確認された場合、上記を上回る許容限界を適用できるものとするとしております。これは表の中にございました三角のところを示しております。

考え方ですけれども、積層ゴムのせん断評価における許容限界については、装置メーカー等による妥当性が確認され、一般建築物で適用実績があり弾性範囲として用いられる値、例えば、せん断ひずみの250%程度を用います。

ただし、繰り返し载荷による顕著なひずみの蓄積がなく、ほぼ弾性的な挙動が試験等で確認された場合、この確認された範囲まではせん断評価の許容限界として適用可能とします。

積層ゴムの引張応力の許容限界については、装置メーカー等により妥当性が確認され一般建築物において適用実績がある値（例えば、 $1\text{N}/\text{mm}^2$ ）を適用します。ただし、試験等の応力-ひずみ関係により発生ひずみの状態確認を含め積層ゴムの性能が維持されていることが確認された値については、許容限界として設定できるとします。

また、引張ひずみ指標による評価等、他の指標による評価については、実大規模の試験等によるデータを蓄積し、許容限界として設定することの妥当性が確認された指標については、許容限界として設定可能とします。

(3)積層ゴムの軸力再配分についてです。

論点は、一部の積層ゴムの性能低下による他の積層ゴムの軸力再配分を考慮した設計の適用性です。

基本方針としまして、一部の積層ゴムの性能低下による他の積層ゴムの軸力再配分を考慮した設計を適用する場合は、必要に応じて適切に評価すること。ただし、その影響度がサイト固有の条件により異なることから、個別の審査において検討するとします。

考え方です。一部の免震装置（主に積層ゴム）において免震性能の低下又は材料特性の

変化が生じた場合、他の免震装置による軸力再配分を考慮した評価については、サイト固有の条件（採用する免震装置の構造・仕様及び配置、上部構造の構造計画、設備の設置状況、建屋の応答性状等）を踏まえて個別の審査において検討します。

続いて、(4)長時間継続する地震動による影響です。

論点は、長時間継続する地震動による免震装置の力学特性の変化です。

基本方針としまして、長時間継続する地震動の影響については、必要に応じて適切に評価すること。ただし、その影響度がサイト固有の条件により異なることから、個別の審査において検討します。

考え方。免震装置、主に鉛プラグ入り積層ゴムですけれども、の長周期長継続地震動による積層ゴムの力学特性への影響は、サイト固有の条件（サイトのやや長周期の地震動が支配的になる震源の有無、そのような震源と敷地との位置関係、採用する免震装置の構造・仕様及び配置、建屋の応答性状等）を踏まえまして個別の審査において検討します。なお、大臣認定を受けた積層ゴムの力学的特性の変化については、既往のデータに基づいて評価するとともに、必要に応じて試験又は解析により検証します。

続いて、(5)履歴系ダンパーの評価、余震・誘発地震による影響です。

論点は、鋼材ダンパー等の履歴系ダンパーの累積疲労を考慮した評価の考え方です。

もう一つ、地震動の作用により累積疲労するような履歴系ダンパーの余震や誘発地震による影響です。

基本方針は、履歴系ダンパーを採用する場合においては、累積疲労損傷度等の評価指標を適用し許容限界に対して十分な余裕を確保する設計とします。なお、履歴系ダンパーは、積層ゴムの許容限界としている水平変形量に対し変形性能を有する設計とします。

上記に加え、地震発生後の維持管理により、履歴系ダンパーの減衰機能を維持していることが確認できる設計とします。

なお、余震・誘発地震による影響については、その影響度がサイト固有の条件により異なることから、個別審査において検討します。

考え方です。鋼材ダンパー等の履歴系ダンパーは、既往の地震経験や試験等の実績を踏まえ、累積疲労損傷度等を評価指標として許容限界を設定し、許容限界に対して十分な余裕を確保していることで設計します。

また、地震発生後の維持管理体制を構築し、必要に応じ速やかな補修等の作業を行うなど、減衰機能を維持することを確認する。

余震や誘発地震の考慮に係る具体的な確認内容については、サイト固有の条件（採用する減衰装置の構造、サイトのやや長周期の地震動が支配的になる震源の有無、その様な震源と敷地との位置関係等）を踏まえて個別の審査において検討するとしております。

○川内安全技術管理官 説明の途中ですみません、規制庁の川内です。

次から、資料3のフェールセーフの取り扱いの説明に入るんですが、ここでちょっと古屋先生が、多分、説明の途中なので入られてないかと思うんですが、ちょっと確認できますでしょうか。

○古屋教授 大丈夫です。

○川内安全技術管理官 了解しました。

○古屋教授 すみません、ありがとうございます。

○川内安全技術管理官 では、引き続き説明させていただきます。ありがとうございます。失礼しました。

○猿田主任技術研究調査官 次、今ありましたようにフェールセーフの取り扱いで、先ほど資料2で御紹介した内容を含んだものとなっております。

先ほど、古屋先生、いらっしゃらなかったんですけども、また、このところ、御意見いただければと思います。

論点は、原子力発電所施設の免震構造建屋におけるフェールセーフの取り扱いです。

基本方針としまして、基準地震動 S_s に対する設計の範囲において、免震装置以外の鉛直荷重支持機能を担保する装置等は必要としないものとします。

なお、安全性のより一層の向上の観点から、鉛直荷重支持機能を担保する装置等を設置する場合については、その設置による他施設等への影響を確認します。

考え方です。一般建築物におけるフェールセーフは、想定を超える地震動に対して、免震部材が荷重支持機能を喪失しないように変形を抑制するもの又は免震部材が荷重支持機能を喪失しても別の機構が荷重支持機能を肩代わりするものとしております。本審査ガイドでは、安全性のより一層の向上を目的に、設計を超える水平方向の過大な変形により免震装置に損傷等が生じ荷重支持機能を喪失するおそれがある場合を想定し、これに対する鉛直荷重支持機能を担保する装置等を設置することをフェールセーフの対象としております。

なお、審査ガイドは基準地震動 S_s に対して免震構造の成立性を求めており、それ以上の地震動を想定することを求めるものではないことから、免震装置とは別の鉛直荷重支持機能を担保する装置の設計を要求するものではない。ただし、事業者が上部構造の機能喪失

までの冗長性を確保するため、安全性のより一層の向上の観点から鉛直荷重支持機能を担保する装置等を設置する場合、その装置等の設置による免震性能や機器設備等への影響を確認するとしております。

続きまして、(7)免震構造に伴う設備設計への影響です。

論点は、免震構造物と非免震構造物との間の渡り配管等のインターフェース部の健全性評価、免震構造を採用することによる他施設、設備への影響です。

基本方針としまして、渡り配管や大口径配管については、免震－非免震構造物間の相対変位への追従性を十分に検討します。

プールやタンク等の流体を内包する設備については、スロッシングの影響について検討します。

考え方です。免震構造物と非免震構造物間での振動特性等の相違から、両構造物の相対変位に追従できる渡り配管等の検討が必要です。

免震構造物を採用することによる建物の固有周期が長周期側へシフトすることでプールやタンク等の流体のスロッシングの影響が顕著となるおそれがあります。このため、流体を内包するような建屋については免震構造を採用する事による水平方向周期の長周期化の程度を確認するとともにスロッシングの影響について検討するものとします。

続きまして、5、免震装置の品質管理（特に地震後の維持管理）に関する留意事項です。

(1)地震観測装置等の維持管理への活用。

論点は、これまでの大地震後の免震装置の継続使用の実績を踏まえた地震後の免震装置の確認方法。

地震中、地震後の免震装置の挙動をリアルタイムで計測、管理する地震観測装置等（例えば、一般建築物で採用事例のあるヘルスマニタリング等）の適用性です。

基本方針としまして、免震装置の維持管理として、大地震後の目視による応急点検に加え、地震観測・評価技術等により免震装置の特性変化の評価を行うものとします。

考え方は、緊急時対策所のように地震後においても使用を継続できる設計とする場合は、損傷の有無を即時に確認する場合のリアルタイムの評価、地震後の状態確認として、計測した地震動の時刻歴データによるシミュレーション解析の実施等、各設計方針に応じた計測・評価方法により免震装置の維持管理を行うこととします。また、観測した記録については、上書き等によりデータが消失しないように留意します。

続いて、(2)別置き試験体の設置です。

論点は、原子力発電所サイトの免震構造建屋における別置き試験体による維持管理の考え方です。

基本方針としまして、免震装置、主に積層ゴムですが、の維持管理に係る別置き試験体については、これに代わる手段等で適切に管理することで、免震構造の建屋個別に試験体を設置することは要求しないものとします。

考え方として、個別サイトに別置き試験体を設置しなくとも工場にて別置き試験体を設置し管理する、あるいは地震観測の結果や免震構造の建屋の加振等により、得られる免震層の振動特性を評価することで免震装置の維持管理を行うことができると考えられるため、免震構造の建屋において各々別置き試験体を設置することは要求しないものとします。

なお、免震装置の経年劣化については、発電所施設の高経年化技術評価においても評価対象となるものと考えられます。

6、その他です。

B、Cクラスの免震構造建屋の設計方針です。

論点は、審査ガイドにおけるB、Cクラスの建屋の取り扱いです。

基本方針としまして、Bクラスの建屋については、Sクラスの建屋を対象とした審査ガイドのうち地震動や許容限界をBクラスとして読み替えて準用します。

Cクラスの建屋については、一般建築物と同等の設計が行われていることを確認します。

考え方です。B、Cクラスの建屋及び同クラスの設備の間接支持構造物である建屋に免震構造を採用する場合、基本的な設計方針を確認することとしますが、Bクラスについては免震構造の建屋の建築確認申請で要求される地震力が原子炉施設に要求される地震力を上回ることが確認できれば、Bクラスの建屋及び免震層並びに設置される設備等の詳細設計の確認は不要とします。ただし、B、Cクラスの建物が近接するSクラス施設へ波及的影響を与える可能性がある場合については、基準地震動 S_s に対する評価を行うこととします。

そこに図3のグラフがございます。これは国交省の告示波とBクラスの建屋で使います $1/2S_d$ の速度応答スペクトルの比較をしたものでございます。破線が告示波の、上がごく稀、下が稀と言われるものですが、そのスペクトルを示しておきまして、実線がA～Fまでございますけれども、各サイトでのスペクトルを示しております。これは V_s が若干違いますけれども、告示波のごく稀に対しまして各サイトで検討しています $1/2S_d$ は告示波のごく稀よりは下にあることがこのグラフで分かるかと思えます。

続いて、11ページ、別紙でございますけれども、これは今述べましたまとめにつきまし

て、各会合で、先生方あるいはメーカー、事業者からいただいた御意見を整理したのとなっており、ちょっとこちらについては説明を省かせていただきます。

ずっと行きますと、18ページを見ていただきますと、別紙2として、検討チームの構成員の名簿を載せてございます。

それから、19ページが別紙3として、検討チームの開催の経過について概要を御紹介しております。

資料3については以上でございます。

○山中委員 それでは、ただいま説明のありました資料3について、御質問、御意見等ございましたらお願いいたしたいと思っております。いかがでしょうか。

よろしく申し上げます。

○菊地教授 菊地です。

2ページの設計方針の基本方針のところ、免震装置は、基準地震動 S_s に対して基本的に弾性範囲で設計するとあります。弾性範囲という、その定義なんですけれども、まず、免震装置というのを、どうやらここでは積層ゴムのことにも言われているような。といいますのは、ダンパーとして、鋼材ダンパーのことを後で言及されていますけれども、それに対して、弾性範囲で設計するというのではないので、その辺りのちょっと言葉の定義をもう少し明確にさせていただいたほうがよろしいかと思うんですが、いかがでしょうか。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

先生御指摘のとおり、最初に「免震装置は」とうたっておりまして、弾性範囲で設計するというのは、鋼材ダンパー等降伏して履歴エネルギーで使うものに対する表現としては適切でなかったかと思っております。ちょっと、その区別が分かるような表記に変更いたします。

○菊地教授 あと、もう1点、線形という言葉も使われているので、線形限界、弾性範囲、多分同じ意味で使われているのかなと思うんですけれども、その辺りの定義をちょっと明確にさせていただきたいのと、今、猿田さんの御説明があった4ページの図の2なんですけど、4ページの一番下の図ですね、引張試験の例で、説明では、このグラフです、破線を0.05、5%とおっしゃっていましたが、数値を入れていただくと。

○猿田主任技術研究調査官 そうです、はい。

○菊地教授 数値を入れていただくと、よりこの $1N/mm^2$ ということの意義がもっと分かりやすいのかなと思いました。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

ありがとうございます。確かに、ちょっと線だけ引いてありまして値がないので、分かりにくいかと思しますので、加筆させていただきます。

○菊地教授 あと、続けて、ちょっと述べさせていただきたいんですけど、5ページの基整促波と言われているものに言及されているところなんですけど、基本方針の1ポツです。この免震構造の設計で用いる基準地震動というのは、これ、Ssのことをおっしゃっているんですよ。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田です。

そのとおりでございます。

○菊地教授 これは、この後の「国交省の技術的助言で」というのは、基整促波のことだと思うんですけども、これは久田先生に御意見を伺いたいんですけど、同等という言葉、同等でよろしいんですかね。Ssのほうが厳しいというか、レベルではないのかなというふうに思いました。

○久田教授 国交省のは、宝永地震と安政の東海地震が対象なので、Ssはもっと、数万年に一度みたいなのが想定ですから、もっと上のレベルだと私は理解しています。

○菊地教授 ですが、ちょっとこれ、「同等の検討とみなす」というのは、適切かどうかというのはちょっと、これについてもちょっと確認をいただきたいと思いました。

まずは以上です。ありがとうございました。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。

今、御指摘いただいた5ページの3、(1)の論点の基本方針の一つ目の項目なんですけれども、これは、ちょっと読み間違えるような表現になっているんですけど、申し訳ありませんでした。「免震構造の設計に用いる基準地震動の策定方法は」ということになります。この基準地震動の策定方法については、断層モデルを用いた手法による評価、こういったものと、応答スペクトルによる手法による評価、こういったものを使っていて、その評価の考え方は基本的に共通ですので、そういう意味で、国交省の技術的助言の検討方法ですね、こういったものと同等の方法であるということを書いてあるというふうに御理解いただければと思います。

○菊地教授 では、ここに、厳密に言えば、「国交省の技術的助言での検討方法」と入れたほうがよろしいかと思します。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。

最初のほうの主語のところと、それから技術的助言の検討というところに「方法」という言葉を入れさせていただきます。

○菊地教授 お願いします。

以上です。

○山中委員 ありがとうございます。

そのほか、御意見・御質問等はございますか。

どうぞ。

○川内安全技術管理官 すみません、規制庁の川内です。

今、幾つか、菊地先生がコメントのございました点について、ちょっと確認といたしますが、もうこの場で修正案をちょっと示させていただきたいなと思ひまして発言しました。

2ページの(2)の対象構造物にかかる、設計方針のところ、設計方針の基本方針の1ポツ目ですが、今、「免震装置は、基本的に弾性範囲で設計する。」というところ、ここは鋼材ダンパーについては対象外となりますので、基本的に免震装置、括弧で鋼材ダンパーを除くしたいと思います。

ちょっと補足としまして、鋼材ダンパーについては、後ろのほうの、すみません、後ろの7ページが、4ポツの免震構造の設計に関する基本事項のうちの鋼材ダンパーの評価について言及していますので、ここを先ほどの2ページで、一応、鋼材ダンパーを除くとしませんが、その後ろに、鋼材ダンパーの詳細については、今申し上げた7ページのところで示すというふうに、ちょっと変更したいと思います。

それと、あと、御指摘のありました線形限界と弾性範囲が、今、同じ意味ですけど、ちょっと混在しておりますので、一応、今のところ、私の案としましては弾性範囲で、例えば、次の3ページの表の中ですとか線形限界というふうな記述がございますので、基本的には弾性範囲で統一したいと考えております。一応、今、修正案としてお示ししました。

先ほど、5ページ目につきましても、5ページ目の3ポツ、(1)の基本方針の1ポツ目ですが、繰り返しになりますけど、1行目の「免震構造の設計に用いる基準地震動の策定方法は」の「策定方法は」というのを加えるのと、その2行下の、「国交省の技術的助言での検討方法と同等の検討方法とみなすことが可能である。」というふうに、ちょっと部分的に見直したいと思います。

私からは以上です。

○山中委員 菊地先生、いかがでしょうか。

○菊地教授 菊地です。

承知いたしました。ありがとうございます。

○山中委員 そのほか、御質問・御意見等ございますでしょうか。

どうぞ。

○久田教授 工学院大学の久田です。

この中で、私の専門ではないですが、エクспанションに関しては何も触れてないんですけども、菊地先生は、それは何か触れなくていいんですかね、エクспанションに関して。ちょっとその点を確認したいのが、まず1点です。

○菊地教授 今の久田先生の質問の御趣旨は、そのエクспанションの何か許容変位みたいなものを設計に……。

○久田教授 許容変位というか、エクспанションは本質的なものではないので、多少の被害が出て構わないと思うんですけども、何か注意点なり、何なり、全く触れなくて、最近、ちょっと被害が目立って、いろいろ免震構造協会とか案、ガイドラインみたいなのが出ていますけど、そういう点は全く見なくていいのかなというのがちょっと気になったんですけど。菊池先生がオーケーと言えどもオーケー、私は何とも言わないですけども。

○菊地教授 もちろん免震構造協会でも検討されて、エクспанションの被害が東日本大震災のときにもございまして、検討はされてきましたけど、基本的に、それは構造躯体への被害ということではないので、ここでのそのいろいろな考え方の中で、特に示す必要はないのかなと思います。

○久田教授 了解しました。

あと、もう1点は、5の品質管理で、ヘルスマニタリング等が書かれて、その中で、「地震観測・評価技術等により」という、書いてあるんですけど、これ、評価技術というのは全て強震観測をやる必要はないと思うんですけども、いろんな施設があるので、これ、具体的に分かりますかね。免震装置の特性変化だけではなくて、要は想定内だったということが分かるのが重要だと思うんですけども、想定を超えていないというのがぱっと分かれば、観測であれ、何かの罫書き的なものが外から見えるのは構わないと思うんですけども、そういうことを意味しているんだったら、それでいいと思うんですけども、ちょっと分かりづらいなという気がしました。

○菊地教授 菊地です。

今の久田先生の御質問に併せて、ちょっと私もこここのところを伺いたかったですけれども、ここの基本方針の、この2行は、モニタリングシステムの設置を要求しているという理解でよろしいのでしょうか。その下の(2)の別置き試験体のところは、明らかに要求しないというようなふうに明言されていますけれども、このモニタリングのほう、維持管理の5ポツの基本方針に関しては、ちょっとこの2行で要求しているのか、要求してないのかは、「地震観測・評価技術等により」ということであれば、後者だけでもよろしいのかなと思えますので、ちょっとその辺の趣旨を明確にさせていただきたいなと思いましたが、久田先生の質問に併せて、お願いします。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。

今回のこのガイドの対象とする施設は、安全上重要な施設もしくはSA施設になりますので、耐震性としてはかなり高い耐震性が求められるものです。それで、こういった施設に関しましては、地震が起こった場合、ある程度大きな地震が起こった場合は、そこに設置されている設備とか間接支持構造物である建屋の健全性評価を実施しないといけないということがありますので、基本的には、観測設備は恐らく設置されるであろうと。それを基に、設備もしくは間接支持構造物である免震装置、減衰装置、こういったものについての評価も必要になりますので、そういう意味では、保安規定等の取組というか、そういったところに関係するんですが、基本的には、ある程度要求されるものだというふうに考えております。

○山中委員 よろしいでしょうか。

○菊地教授 承知しました。

○久田教授 了解しました。

○山中委員 そのほか、御質問、御意見はございますでしょうか。

○古屋教授 電機大の古屋です。

○山中委員 よろしく申し上げます。

○古屋教授 大丈夫でしょうか。

○山中委員 お願いします。

○古屋教授 まず、先ほど免震装置とはという話になったと思うんですけども、免震層は、免震、一般的に免震装置という定義が、しておいたほうがいいのかと思っていますけれども、積層ゴム、あるいはすべり支承といったような、そのいわゆる免震装置と、プラス免震層としては、やっぱり、その応答に対するコントロールということで、減衰装置

から構成されているというふうに理解しています。ですので、先ほどのその免震装置に対して、ダンパーを除くという表現が適切なのかどうかというものを、これ、ちょっと考えていただくといいのかなというふうに思いました。あるいは、その免震装置とはという定義をどこかに記載するというのもあるかと思しますので、御検討いただければと思います。

○菊地教授 菊地です。

今の古屋先生の御意見に関して、併せて、免震装置イコール、その支承、支承装置、支承ですね、ということであれば、例えば、その鉛プラグ入り積層ゴムも、ここでは後ろのほうで触れられていますけれども、これも明らかに非線形、弾性範囲ということは言えませんので、やはり、今、古屋先生がおっしゃったように定義、免震装置はどのような範囲を指すのかということを確認にしたほうが分かりやすくなると思います。

以上です。

○古屋教授 菊地先生、ありがとうございました。

それから、これは限界というところのフェールセーフにも関連して、ちょっと広い領域での質問なんですけれども、今回のこの免震ガイドに関しては、設計自体は、その基準地震動で行うわけですけれども、安全評価側の観点で、その S_s を超える領域というところについては特に触れられていないわけですが、ここの考え方というのは、どういうふうに理解をするとよろしいでしょうか。

これが、ですから、そのフェールセーフで、今回、その鉛直支持機能というところに言及されているわけですけれども、例えば、その擁壁衝突ですとか免震層で、特有のそのクリアランスの考え方等にも関与してくるかと思しますので、そこの部分のところについて、どう理解をするとよいのかというのが質問です。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁の山崎でございます。

先に、用語のところでお指摘いただきました点につきましてのほうですが、免震装置に関しまして、審査ガイドのドラフトを第1回会合でお示しさせていただきましたが、この中で専門用語の定義といたしまして、免震要素、免震装置、こういったものの定義を行っております。また、その中で、具体的に設計というところで、支持機能、減衰性能に分けて考え方というものを記載しています。ですので、そういったものをこちらのほうに、設計方針のところ、少し先に定義ということでお示して、それで整理はしたいと思いません。

○古屋教授 ありがとうございます。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。

フェールセーフに関しまして、「安全性のより一層の向上の観点から」という記載があることに関して、これが実際、審査上、どういう位置づけになるのかという趣旨で御質問頂いたというふうに理解しております。安全性のより一層の向上の観点からということであれば、これは第一義的には事業者が自主的に実施するものでありまして、今の規制の枠組みの中では、審査はあくまでもSsに対しての耐震性を確認するもの。その後、ある年月ごとに事業者の取組を確認というか、報告して、その内容を事業者も把握すると、すみません、規制側も把握するという行為も行っていますので、その中で、実際に、より一層の安全性の向上の観点で、どういうふうな取組をしているかということは確認することも可能かなと思っています。

それで、ただ、一方で、今までの審査の中で、新たな構造を採用する場合、例えば、使用済み燃料ラックにすべりで応答を吸収するような、もしくは低減するような構造を採用した場合とか、新たな、その複合構造を採用した場合とか、そういったものに対して、Ssに対して耐震性を確認するだけではなくて、これは任意に行っておりますけれども、Ssを超えた場合に、どういうふうにその構造物の耐震性が損なわれていくのかというプロセスというか、そういうものを確認しつつ、実際の安全機能喪失までにどういうふうに、どれぐらい冗長性があるのかということも必要に応じて確認しておりますので、そういう意味では、新たに免震構造を採用する場合、これを工認をやるときには、そのときの実際の裕度ですね、終局に対しての裕度がどれぐらいあるかということを確認しつつ、その裕度が少し小さいということであれば、免震装置が機能喪失、機能喪失というか支持機能を喪失するか否か、その場合にどういうふうな状況になるかということが必要に応じて確認することになると思います。

そういう意味で、ここでは、より一層の安全性の向上の観点としつつも、影響を確認すると言っているのは、そういった趣旨で書かせていただいているというふうに御理解いただきたいと思います。

以上です。

○古屋教授 ありがとうございます。

私のほうは、今回のこのガイドの中には、弾性範囲、積層ゴムで250%ですかね、で線形の特性と扱える領域で設計をするというふうに書いてあって、限界状態については、そのハードニングを考慮するというふうになっているので、そこが裕度というところを評価

するに当たって出てくる力学特性として考えておいてくださいということだというふうには理解はしています。分かりました。

あと、すみません、1点だけです。ダンパーの限界性能のところの、許容限界のところの水平変形に対して、積層ゴムによる、積層ゴムというか免震装置に対して限界を考えるというふうに書いてありますけれども、当然、これは鉛直との組み合わせというところもあるんで、水平に対して、そんなに大きな割合ではありませんけれども、一応、その鉛直、水平に対しての最大変位というところで、ダンパーの取扱いをうたっておいていただいたほうがいいかなというふうには思いました。

以上です。

○山中委員 いかがですか。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

鉛直方向につきましては、今、先生の発言にありましたように、水平方向と比べると、その変位はほとんど、かなりというか、オーダーが違う感じで小さいというふうに認識しております。免震装置全体を含めまして、鉛直方向の評価を考えてみますと、現状の耐震の、耐震設計の中での鉛直の考え方とほぼ、ほぼ同様で対応できるのかなというふうに思っていますので、そういった中で確認できれば、確認できる範囲であろうということで、ここでは、あえて鉛直方向までは言及してないというのが実情でございます。そういう認識です。

○古屋教授 分かりました。ありがとうございます。

あと、すみません、もう1点だけ、これは確認なんですけれども、今回のその免震層の設計の考え方としては弾性範囲、 S_s で弾性範囲というふうになるように設計するということなので、入力条件によっては、その応答変位をコントロールするために、かなり、そのダンパーを追加するというところも出てくるのが想定されるわけなんですけれども、それが、例えば極端な場合、もう過減衰でゼーターが1を超えるような状態の免震層というものも、考え方としては、もうほぼ制震になるんですが、免震層という形で捉えるというふうな理解でよろしいでしょうか。これが免震と言うかどうかというのはあるのかもしれませんが。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。

長周期の地震動が、やや長周期の地震動が非常に厳しいサイト条件で免震構造を採用するというシチュエーションを考えた場合は、かなりダンパーを、複数のダンパーを組み合

わせて入れてしまうと、そうすると、かなりダンパー類だけで剛性が少し変わってきてしまうとか、そういうことがあるんですが、基本的に、ここで言うところの免震構造と私どもが定義しているのは、あくまでも積層ゴムとか、それから、弾性すべり支承とか、そういったもので支持されたもの、それにダンパーを組み合わせたもの、減衰装置を組み合わせたものについては、基本的には免震構造として審査を進めるということで考えております。

○古屋教授 分かりました。ありがとうございました。

○山中委員 そのほか、御意見・御質問等ございますか。

どうぞ。

○石渡委員 委員の石渡です。

直接フェールセーフとは関係がないんですけれども、今日は全体を通して読んでいただいて、ちょっと気がついたことについて二つほど質問をしたいんですけれども。

一つは、この5ページの免震構造の設計に用いる基準地震動の、この基本方針の1番目のポツなんですけれども、この新規制基準の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価方法を用いると書いてあるんですね。これは、まあこれで適切な文章だと思うんですけれども、発電所の中には、この「敷地ごとに震源を特定せず策定する地震動」がチャンピオンケースになっているのが幾つかございます。そういう発電所の方がこれを読むと、これは「特定せず」だけを考えればいいんだと、チャンピオンケースの「震源を特定せず」のほうは、特定してじゃなくて、特定せずのほうは考えなくていいんだというような変な誤解を招く可能性はないかなということが気になりまして、そこのところはいかがでしょうか。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

この資料は、基本的に免震構造に対して論点となり得るようなところをピックアップして整理を行っております。その他の部分については、基本的に耐震の設計と同様といたしますか、同じところについては、この資料では特に言及はしておりません。実際の運用としましては、当然のことながら「震源を特定せず策定する地震動」についても、免震構造の評価を行うことになるというふうに考えておまして、その際、今、まさに「震源を特定せず策定する地震動」につきましては、標準応答スペクトルというものを定義しまして、その運用について、今、検討を進めておりますが、その基準地震動といたしますか、今の「震源を特定せず策定する地震動」は、地震基盤で定義しておりますので、それが解放基

盤表面への増幅特性、あと地表、地表といいますか、建屋への入力となる応答増幅等を考慮しまして、結果的に「特定して策定する地震動」と「特定せず策定する地震動」の両者をにらんだ上で基準地震動を策定することになると、そういう方針は耐震の考え方と同様というふうに考えております。

○石渡委員 いや、もちろん、それはそのとおりになんですけれども、ここには、その「特定せず」というのは出てこないわけですよ、この文章に。だから、そのこのところは何か、その注意書きをするなりが必要なのではないかなという感じがいたしました。それが1点目です。

もう一つは、めくっていただいて6ページの真ん中辺なんですけれども、設計に関する基本事項の考え方の2ポツですが、「上記許容値を超える値や異なる指標等についても、試験等によりその値や指標等が妥当であることを確認できれば、それを許容限界として設定可能とする。」ということですね。これは、要するに大臣認定された免震装置の許容限界を用いるというのが、その上に書いてあるわけなんですけれども、自分たちで実験をして、その異なる値を得たという場合に、その許容値を超えるような値や異なる指標が出た場合でも、自分たちで実験したものを、その設定可能とするという意味だというふうに思うんですが、例えば、これ、超える値が出た、出ることもあるでしょうが、実は、その大臣許容値までの許容限界ではなくて、もっと許容限界が低かったという可能性もありますよね、実験すれば、同じ値が出るとは限りませんので。その低い値が出た場合は、これは大臣認定の値を使うと。

そうすると、これは、要するに、その自分たちで実験をして、非安全側に値を設定するようなことになるのではないかというおそれがあるんですけれども。つまり、その「上記許容値を超える値」というところが引かかるんですね。これについてはいかがでしょうか。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。

まず、大臣認定された免震装置というところなんですけれども、これは第三者機関、国が指定した第三者機関において、その性能をある程度確認をして、メーカーが保証するものなんですけれども、ある程度の信頼性をもって、試験の結果を踏まえて保守的に決めているものですので、基本的に、これを下回る値が実際に出てくるということは、多分、ほとんどあり得ないことだと思います。そういうものが出てしまった場合は、また、それは別の処理の仕方になりますので、ここではちょっとそこまでは言及はしていません。

ですから、石渡委員がおっしゃったことは、基本的にはあり得ないことかなというふう
に考えております。

○石渡委員 いや、では、その超える値が出た場合については。

○名倉安全管理調査官 超える値が出た場合というのは、だから、ここで言っているのは、
妥当であることが確認できればというところですけども、ある程度のそのばらつきも考
慮した上での信頼性、そういったところの確認も、大臣認定をされるときの試験の見方と
基本的には同じような見方をして、それで妥当性が確認できればという条件が、これが入
っています。

○石渡委員 もし、その大臣認定をされた値というものは、それだけ信頼性が高いという
ことなのであれば、この2ポツの部分というのは、私は不要なのではないかというふう
に思うんですけども、これを入れた、その心というのはどういうことなんですか。

○名倉安全管理調査官 設工認の実際の審査の中では、いろんなその許容値を設定してい
く、もしくは、いろんな条件を設定していく中で、その妥当性が確認できれば、審査の中
で確認できれば、それを設定するという行為は、基本的には行われていることであります
ので、そういったことをここで表現しております。

ですから、これ、いけないことを書いているというよりも、こういったことは妥当性、
適用性をちゃんと確認した上で、第三者機関が妥当性を確認する場合もあれば、私どもが
手法とか条件とか、審査の中で妥当性を、ある程度保守性とか信頼性をもって確認したも
のであれば、許容値を、条件を変えるということは、それは一応可能なことになっており
ますので、その旨、これをここに記載しているということになります。

○石渡委員 もちろん、それは自分たちで実験をして、測定をして、そういう値が出る、
異なる値が出るということは当然あることだと思うんですよね。ですから、私としては、
この「上記許容値を超える値や」というところを、「上記許容値と異なる値や異なる指標
値が出た場合」というふうにしていれば、特に問題はないかなというふうに思うんで
すけれども。その指標値のほうは異なると書いてあるんですよね。許容値のほうは超える
と書いてあるんです。これ、どっちも異なるでいいんじゃないんですか。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

実際の地震時の地震応答解析ですとかそういったところを考えますと、超えたとき、許
容値を超えたときのほうが厳密に評価する必要がありますので、そういったところを意識
して、ここでは超える値というふうに、そちらのほうを強調するイメージで書いておりま

すが、異なるというふうにこれを変えましても、実際、こちらで考えている評価体系に影響はないと考えますので、表現としては、ここも「異なる」ということで、その後ろの指標と同じように、「異なる値や異なる指標等」というふうに修正したいと思います。

○石渡委員 もし、それでいいのであれば、私としては、そういうふうにしていただいたほうがよろしいんですけれども、それは御検討いただきたいと思います。

それから、先ほどの2ページの一番上の、その設計方針の基本方針の最初のポツですけれども、弾性範囲というところで御意見があって、免震装置というものの定義をちゃんとしたらいいのではないかということなんですけれども、免震装置の定義をきちんとするのは、多分そんなに簡単なことではないのではないかというふうに、お話を聞いていました。それで、例えば、この文章を、この弾性範囲で設計するというのを、その機能を維持できるように設計するとか、そういうふうに変えたらばよろしいんじゃないかという思いつきなんですけれども、これはいかがでしょうか。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

今の件につきましては、ここで用いている免震装置とありますが、その前の1ページの下2行に書いてありますように、先ほどから何回か話は出ておりますが、国交省の大臣認定と同等の確認を行った、すみません、ちょっと記載場所が違ったかもしれないんですけれども、ごめんなさい、その上の3行目と、下から2行目と3行目です、失礼しました、免震装置については、「国土交通大臣認定を得た装置を用いることを基本とする。」というふうに前提条件をうたっております、その認定の中でのこの免震、特に積層ゴムにつきましては、その許容限界とありますが、弾性範囲につきましては、許容限界が弾性範囲で設定されているものですから、そういったところの見合いで、ここでは弾性範囲というのを基本とするというふうにうたっているという考えです。

○石渡委員 先ほどは、でも、その鋼材ダンパーのような場合はというお話があったと思うんですけれども。

○川内安全技術管理官 規制庁、川内です。

今の、ですから、先ほど外部委員の先生方からも御指摘がありましたように、そういったところは、免震装置の定義としてきちんと書き分けることで、積層ゴムと鋼材ダンパーは、ちょっと機能が違いますので、そこは適切に書き換えた上で、ここの表現も、先ほどちょっと鋼材ダンパーを除くというふうに、私の修正案としてと申しましたが、ちょっと、それに対して適切ではないかもという御指摘もありましたので、そこを踏まえて、ここと

適切に書き分けるといいますか、そういったところの意味合いをちょっと整理した形で表現はしたいと思います。

○石渡委員 分かりました。よろしくお願いします。

○山中委員 そのほかは、いかがでしょうか。

先生方はいかがでしょうか。よろしゅうございますか。

規制庁側からは何かございますか。確認しておきたいことはございませんか。よろしいですか。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。

7ページをお開きください。7ページの(4)長時間継続する地震動による影響、これは先生方にもいろいろと、第2回会合で御意見をお伺いした際に、長周期地震動への対応ということも御示唆いただいたんですけれども、長時間継続する地震動による影響を検討する場合のこの長時間というのは、どれぐらいを考えたらよろしいのでしょうかということ、ちょっと久田先生にお聞きしたいなと思ひまして。大体、原子力発電所の短周期構造物を念頭にした基準地震動の継続時間というのは、大体100秒から200秒、200秒強ぐらい、こういったところを念頭に継続時間を考慮しているんですけれども、これが大体どれぐらい継続するようになったら、この長時間継続するものとして設備への影響を検討しないといけないのかというところの、何か、こう指標的なものがあつたら、目安的なものですね、こういったものがあつたら、ちょっと教えていただきたいんですが。よろしくお願いします。

○久田教授 なかなか難しいんで、建築だと1分ですよ、告示波は大体1分を標準にして作って、国交省のだと500秒まで考えろと。ただし、その前提は関東平野のような、もう延々と続く、下手すれば10分間ぐらい続く地震が観測されているので、それなんですけれども、原発のサイトで10分間も続くような地震動が観測されるかということ、なかなかそういう条件ではないので、3分間も、少なくとも建築的な常識から言うと3分間というのは結構長い地震動を考えていると思いますので、これはもう、やっぱりケース・バイ・ケースで、もしかしたら、あるサイトによっては比較的軟らかい堆積層があつたり、あるいは伝播過程で付加帯と呼ばれるような、表面波をすごく伝えやすいようなところを通つてくると長い地震が来たりする、来ている。多分、加速度は全然大したことはないんですけれども、長周期としては、多分もっと、3分以上続く場合もあると思うんですね。

だから、ちょっとケース・バイ・ケースで、それは震源と伝播サイト特性をちゃんと評

価してやれば出てくるものですので、まあ3分間、もしやられるとすると、サイトによっては3分以上もあるでしょうし、3分で収まるところもあるでしょうから、もし原発が標準的に3分ぐらいやっているんでしたら、3分を超えるような地震があれば、それが長時間で、この場合は相当するのかなという気がしますがけれども。それはサイト固有の条件で異なることからというので、カバーはされているかなと私は思ったんですけれども。

具体的に長時間は幾らかというのは、ちょっと対象とする建築なのか、この原発なのかによっても変わるので、それは何か、どこかで、逆に定義したほうがいいのかという気はしますが。定義というか、どうでしょうね、長時間。

○菊地教授 菊地です。

今、久田先生、なかなか、これを時間で決めるのは難しいというようなことをおっしゃっていましたが、装置のほうから見ると、この何度も繰り返しの変形を強いられて特性が変わるとというのは、一つの評価指標として累積変形というのがあって、それが10mとか20mというような評価の仕方があって、その累積変形に応じて、各装置メーカーでは、自社の装置が、特性が変化するか、しないのか、変化するとすれば、その評価の仕方、どのように評価すればいいのかということを公表されていますので、一概に、地震動の継続時間だけから判断するだけではなくて、まずは、そういうことが懸念されるのであれば、それを、累積変形なりを確認するような検討を、装置側のほうからしてみるということも必要だと考えます。

以上です。

○名倉安全管理調査官 規制庁の名倉です。ありがとうございます。

まず、久田先生のほうからは、地震動の観点では、震源からの伝播過程の中で幾つか着目点を限定して、それに従って、その基準地震動がどういう特性なのかということを見た上で、ある程度、その標準的な耐震型の基準地震動よりも、継続時間が若干長いものがあつたら注意しなさいということで御示唆いただいたと。

それから、あと、菊地先生のほうからは、地震動というところだけではなくて、施設側の観点として、応答の結果を見て、その結果を分析・考察することによって、施設に、施設というか、その長時間の継続した地震動の継続の依存性ですね、そういったものがある装置等を特定して、そのメーカー等の標準的な試験結果の見方とか、そういったところをちゃんと見た上で、必要に応じて装置を選定して、その装置の弱点になるような指標、そういったものを基に、必要に応じて検討しなさいということで理解しました。

ちょっと、こういった考え方は、私どもも実際の審査の、これは運用でちゃんとやっていきますということなんですけれども、今、御示唆いただいたような内容をちゃんと留意して、注意しながら審査を進めたいと思います。ありがとうございました。

○山中委員 そのほかは、いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、本日まで、4回の検討チーム会合を開催いたしました。先生方、いろいろ御議論をありがとうございました。

本日も幾つかのコメントをいただきました。石渡委員からもコメントをいただきました。本チームのおおよその取りまとめが本日まででできたかなというふうに考えております。

規制庁から、今回までの取りまとめ概要、それから、本日、説明のあった、コメント頂いた資料3のまとめ方などを最後に説明をいただければと思います。よろしくお願ひします。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

本日の資料、特に資料3につきまして、たくさんコメントを頂きましてありがとうございました。このコメントにつきまして、当方で多少検討をさせていただきまして、それをホームページで示す等によりまして御提示させていただきたいと思ひます。修正案について御提示させていただきたいと思ひています。その上で、さらに議論が必要であれば、第5回を開催する必要があるのかなというふうに考えておりまして、ちょっと検討状況に応じて、そこはちょっと柔軟に対応させていただきたいというふうに考えております。

というやり方でよろしいでしょうか。

○山中委員 先生方、いかがでしょうか。今回いただいたコメントに基づいて、資料3を加筆修正をさせていただいて、さらに議論をする必要があれば、第5回の検討会合を開催するという方向に進めさせていただいてよろしいでしょうか。

○菊地教授 了解です。

○久田教授 結構です。

○古屋教授 問題ありません。

○川内安全技術管理官 規制庁、川内です。ありがとうございます。

それでありましたら、状況に応じて、先生のスケジュールを調整させていただきまして、必要に応じて第5回について準備をさせていただきたいと思ひます。その場合は、お忙しいところ恐縮でございますが、引き続きよろしくお願ひしたいと考えております。

以上です。

○山中委員 そのほか、規制庁側から何か確認をしておきたいことはございますか。よろしいですか。

先生方のほうから、何か、最後にコメント等がございましたら頂ければと思うんですが、よろしゅうございますか。

○菊地教授 ございません。

○古屋教授 特に結構です。

○山中委員 ありがとうございます。

○久田教授 特にありません。

○山中委員 ありがとうございます。

それでは、以上をもちまして、建物・構築物の免震構造に関する検討チームの第4回会合を閉会したいと思います。

長時間にわたり、ありがとうございました。