

建物・構築物の免震構造に関する検討チーム

第2回会合

令和2年6月18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2回会合

議事録

1. 日時

令和2年6月18日（木）15:00～17:31

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 建築都市空間デザイン部門 教授

久田 嘉章 工学院大学 総合研究所・都市減災研究センター長 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（技術基盤グループ長）

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1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) 検討事項に対する外部専門家からのご意見

5. 配付資料

資料1 第1回会合での外部専門家からのご意見に対する対応方針

資料2-1 建物・構築物の免震構造と設計用地震動に対する意見

資料2-2 免震構造の設計・維持管理に対する意見

資料2-3 機器・設備に係る論点に対する意見

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 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2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、本検討チームの会合ですが、免震構造に関する基準地震動についても議論する予定ですので、地震動を担当し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利用しております。

一般傍聴については傍聴席の間隔を空け、座席数を限定しております。

最初に、TV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。

説明者は名前をきっちりと言ってから発言をお願いいたします。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、説明終了時には説明が終了したことが分かるようにしてください。

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。

なお、音声について不明瞭なところがありましたら、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したいと思っておりますので、よろしくをお願いいたします。

まず初めに、本日の配付資料の確認を規制庁からお願いをいたします。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

それでは本日の配付資料につきまして、第2回会合の議事次第、これに基づきまして説明したいと思います。

議事次第の中辺り、4. 配付資料とございます。これに基づいて説明いたしますと、資料1が第1回会合での外部専門家からのご意見に対する対応方針ということで、規制庁から準備した資料です。

次に資料2-1、建物・構築物の免震構造と設計用地震動に対する意見、これは工学院大学の久田先生の御説明資料です。

次の資料2-2、免震構造の設計・維持管理に対する意見、これは北海道大学の菊地先生の資料。

次に資料2-3、機器・設備に係る論点に対する意見、東京電機大学の古屋先生の資料となっております。

なお、机上配布資料としまして、基準規則の解釈の抜粋等、4種類御準備しております。なおこの机上資料につきましては傍聴席に配布しておりませんので、ホームページに記載しておりますので、そちらからダウンロード等により対応いただきたいと思います。

配付資料については以上です。

○山中委員 資料等に不備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。

それでは、議事に入らせていただきます。

本日の議題は、議事次第にありますとおり、主に二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を用いて説明ください。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田です。

それでは資料1、第1回会合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説明いたします。

1ページ目を御覧ください。表になっておりまして、論点、ご意見の概要、対応方針と整理してございます。

それでは1番目、基本方針に対する御意見。久田先生から基準地震動 S_s の年超過確率も 10^{-4} ~ 10^{-5} レベルであるから、そのような地震が発生する可能性はかなり低いので、そのような地震動に対してはフェールセーフ、代替施設、危機管理をトータルで考えることを検討してほしいという御意見をいただきました。

これに対して対応方針でございますけれども、耐震設計における基準地震動の設定の考え方、地震動の年超過確率、免震構造の優位性、耐震と免震構造の関係、フェールセーフ等の安全対策の考え方等を踏まえた設計の基本的な考え方について検討したいと考えております。

続いて2番目です。免震構造の設計に用いる基準地震動につきまして、古屋先生から「十分な継続時間を有していること」という表現があるが、具体的にはどういう判断で考えるのか。また久田先生から、余震や誘発地震への配慮も必要ではないかという御意見をいただきました。

これに対しまして現行の耐震設計に適用する基準地震動の設定方法を踏襲しますが、長周期地震動の生成に影響を及ぼす因子に配慮した設定を行う方向で検討していきたいと考えております。

以下の点が注意事項としてございます。

基準地震動の策定方法は、応答スペクトルによる評価と断層モデルによる評価がござい
ます。両者の模擬地震動の継続時間を比較することで、継続時間の妥当性を評価したいと思
います。

それから、長周期成分に大きな影響を及ぼすパラメータ、断層の長さ、地下深部構造等
ですけれども、これらについて十分に吟味した上で、最も継続時間が長くなるものを検討
していきたいと思います。

3番目……。

○久田教授 すみません。ちょっと資料が見えないんですけど、共有画面から。皆さん見
えますか。

○古屋教授 すみません、古屋です。私も同じです。

- 菊地教授 はい。見えていません。
- 猿田主任技術研究調査官 申し訳ありません。
- 久田教授 一番初めは見えていたんで、途中から見えなくなっちゃいました。
見えました。
- 猿田主任技術研究調査官 久田先生、印刷されたものはお手元にありますか。
- 久田教授 ごめんなさい。今、手元にないです。
- 猿田主任技術研究調査官 分かりました。
- 久田教授 画面を見せていただくと大変助かるんですけど。
- 猿田主任技術研究調査官 はい。今、調整いたしますので、ちょっとお待ちください。
- 久田教授 はい。これで今、見えていますけど。
- 古屋教授 私も同じく見えています。
- 菊地教授 菊地です。見えています。
- 猿田主任技術研究調査官 分かりました。ちょっとお待ちください。
- 山中委員 規制庁のほうは紙で印刷されたものがありますので、この説明を続けていただけますでしょうか。
先生方、資料、見えておりますでしょうか。
- 久田教授 はい、見えています。大丈夫です。
- 古屋教授 古屋です。見えています。
- 山中委員 では、説明、このまま続けてください。
- 猿田主任技術研究調査官 それでは続けさせていただきます。

No.3でございます。免震構造の設計に関する基本事項のうち、許容限界について。古屋先生から履歴ダンパーの安全余裕について、何らかの定量的な指標を定めることで審査上も設計上も明確になるのではないかという御意見をいただきました。

これに対しまして、履歴ダンパーは、保有する性能等を踏まえ、設計上の安全余裕の考え方について検討したいと考えております。

4番目、同じく設計の基本事項のうち、他施設・設備への影響等でございます。

久田先生から、基準地震動 S_s は、年超過確率が $10^{-4} \sim 10^{-5}$ と、一般建築物に比べて厳しい条件になっているが、東北地方太平洋沖地震においても免震構造の効果があることは実証されており、原子力発電所施設においても採用されるべきものがあると考えするという御意見をいただきました。

これに対しまして、対象とする建物の種類や特性に応じた要求性能を踏まえ、設計用の地震力の大きさや評価基準等の安全性担保の考え方について検討したいと考えております。

5番目、同じく他施設・設備への影響ですけれども、久田先生からフェールセーフの記載があるけれども、具体的にどう考えるのかという御意見をいただきました。

これに対しまして、建物の仕様や特性によってフェールセーフの適用の可能性が考えられ、審査ガイドのドラフトにおいては留意点を記載しております。

また、フェールセーフを設ける場合には、衝突時の建屋の応答解析による評価が必要となります。フェールセーフの適用については、上記も踏まえて検討していきたいと考えております。

では、2ページに行きます。6番目、免震装置の品質管理です。これに対しまして久田先生から、応急点検は目視と書かれているけれども、一般の超高層建物等においてはヘルスマonitoringが採用されているので、同じような考え方が必要だと考えるという御意見をいただきました。

これに対しましては、免震構造の機能維持を確認する一つ的手段として、地震観測をあげております。基本的な方針は、ヘルスマonitoringと同じと考えられますので、一般建築物でも適用実績等も含めて検討したいと思えます。

7番目、同じく品質管理です。古屋先生から、弾塑性ダンパーは……。

○菊地教授 菊地です。

ページが変わっていないんですが。変わりました。

○猿田主任技術研究調査官 申し訳ありません、よろしいでしょうか。

では7番目、古屋先生から弾塑性ダンパーは、目視だけではなく減衰という視点で確認する必要があるという御意見をいただきました。

これにつきましては、け書き、ヘルスマonitoring等で、変形・繰返回数をチェックすることで品質管理することも考えられる。一般構造物での適用実績も含め検討したいと考えております。

8番目、同じく品質管理です。菊地先生から別置き試験体の設置の要求があるけれども、どう考えるのかという御意見をいただいております。

これにつきましては、別置き試験体の必要性について検討していきたいというふうに考えております。

9番目、その他でございます。菊地先生から対象がSクラスとなっているけれども、他ク

ラスへの適用性はどう考えるのかという御意見をいただきました。

ドラフトでは、Sクラス設備の間接支持構造物を主な対象としておりますけれども、下位クラスへの準用も可能と考えております。

最後10番目ですけれども、古屋先生から鉛直方向の地震動に係る免震層の影響について、免震層により地震動の入力条件が随分変わるので、機器への影響について確認が必要であるという御意見をいただいております。

鉛直方向につきましては、耐震と免震構造の応答の相違を踏まえるとともに、ロッキングによる影響も踏まえて応答挙動が適切に評価されていることを確認する方向で検討したいと考えております。

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1につきまして、御意見、コメント等ございましたらお願いをいたしたいと思います。よろしくお願ひいたします。何かございますでしょうか。

○猿田主任技術研究調査官 山川さん、すみません。先生方の画像が出ないんで。

○山中委員 資料1について、何か御質問、コメント等ございますでしょうか。どうぞ。

○菊地教授 菊地です。

本日お示しいただいたことに関しては、この後、私、関係するところは私なりにコメント等申し上げたいと思いますので、現状これに関しては意見はございません。

○山中委員 ありがとうございます。

○久田教授 工学院大の久田ですけど、私も全く同じで、これに関しては特になくて、この後に補足の説明をさせていただきたいと思います。

○山中委員 ありがとうございます。

いかがでしょうか。

○古屋教授 電機大の古屋です。

菊地先生、久田先生と同じでございます。

○山中委員 ありがとうございます。

規制庁のほうから何か付け加えることございますでしょうか。特段よろしいですか。

それでは、早速でございますけれども、引き続き議題(2)に入りたいと思います。

議題(2)では検討事項につきまして、外部の専門家の先生方から御意見を伺いたいと思います。各先生方にはテーマごとに御説明をいただきますけれども、おのおののテーマに

関連がございますので、先生方には説明をいただいて、その後議論をさせていただきたい
と思います。

簡単な質問については各先生方の御説明の後にお受けしたいと思いますが、全体での議
論は最後、先生方の御発表が終わってからまとめて行いたいと思います。

最初、資料2-1につきまして、久田先生から御説明をお願いいたしたいと思います。よ
ろしくお願いいたします。

○久田教授 それではパワーポイントで説明させていただきたいと思います。共有を使わ
せていただきます。

今これで見えていますでしょうか。

○山中委員 先生方、いかがでしょう。

○菊地教授 菊地です。見えています。

○古屋教授 古屋です。見えています。

○久田教授 それでは、建物・構造物の免震構造と設計用地震動に関する意見ということ
で説明させていただきたいと思います。

少し話をしてくれということで、大きく分けるとこういう話かなということで、免震・
設計用の基準地震動の設定の考え方、特に国交省の技術的助言による基整促波の話との関
係。

それから、基準地震動として現行Ss策定プロセスに比べて、免震設計用として新たに
検討すべき事項があるか。特に施設の種類・用途・特性なども考慮してということと、あ
と鉛直地震動の設定方法、3成分の同時性を考慮した設計に関する意見。それから、地震
後の免震装置の機能維持確認の方法、ヘルスマonitoringのようなリアルタイムでの管理
方法に関する意見ということでお話をさせていただきます。

一番初めに、これちょっと重要なと思うんですけど、Sクラスの建物が主な対象とい
うことなんですけど、少し、やっぱり分けるべきではないかなということです。これ1回
目の資料でSクラスの建物の分類が出ていましたけど、これが原子力建屋本体の話をして
いるのか、それとも緊急時対策所とかSA設備の設置された、サポートする施設の話なのか
によって大分クライテリアが変わってきますので、建屋本体を免震にするというと相当、
慎重にならなければいけないんですけども、こちらの施設であればむしろ代替施設が望ま
しいし、耐震と免震を組み合わせるような、多重化するほうがはるかにリスクは減りま
すので、こちらの話でしたら、どちらかということ積極的に免震を推進する方向がいいので

はないかなという話で、今日はこちらで話をさせていただきます。

前回は話ありましたが、免震がそういう免震重要棟ですとか、いかに緊急時対策室で有効かというのは、東日本大震災でももう明らかでして、これは東京電力のホームページのほうにあるものですが、中越沖地震で、柏崎刈羽原発で従来の耐震建築にあった危機管理棟が、構造ではないんですけど、非構造とか電気施設に少し被害を受けてしまって緊急対応がスムーズに行けなかったという経験を踏まえて、福島第一・第二原発の免震重要棟を造ったんですけど、これもうぎりぎり間に合ってよかったなど、1年前にできたんですけど、従来の建物がこういう状態になってしまったのが、免震重要棟はこういう形でしっかりとその後の緊急対応が継続できたということです。これ耐震だと非常に厳しいんですけども、免震ですと、特にパソコンを含めてOA機器、入替えが激しいですけども、普通に機能できたということで、やはりこういう施設は積極的に免震というのは原則として推進すべきではないかなと思います。

これ前回は資料ありましたが、今、免震もいろんな考えがまとまってきていまして、横軸に地震動の確率とレベル、ここに地震動の目安が書いてあります。これ被害の程度、それから耐震建築の基準から上級・特級、それから免震構造に関しても告示免震のぎりぎりで造ってあるものから、余裕を見てつくってあるんで、少しレベル分けしましょうということなんです。

ここに年超過確率、えいやで追記してはいますが、稀に発生する地震は数十年、極めて稀に発生する地震は数百年に1回、余裕度の検証では1,000年、2,000年に1回ぐらいかなというベースで、通常の建築であれば免震建築を設計しているということです。

今この1,000年~2,000年に1回ぐらいは、目安としては告示の1.5倍ぐらいを目安にしてつくって、かなり余裕度を見て設計するというものも出てきているということだと思います。

これはもう皆さん御存じですけど、ざっと確認して耐震と免震のメリット・デメリット、両方あるという話です。

耐震建築に関しては、物すごい過去の実績があって、構造躯体を守ることに関して、もうほぼ今クリアできているのではないかなと思います。変形を抑えてがっちり造ることによって躯体は守る。ただし、欠点は大加速度ができてしまうということで、長周期の揺れには有利なんですけど、短周期に関してはちょっと工夫が必要だと。

免震建築に関しても、実績は物すごい出ているんですけども、想定内であれば躯体も

中の機能維持というのも非常に可能だということですけど、想定外に対しては、ここがやられた場合には、少しまだ検討の余地があるということかと思えます。

これは同じような話ですけど、これは構造躯体を守る、こちらは機能維持。それは加速度と変形と考えていいと思うんですけど、これ地震動のレベルと確率の目安が書いてあります。構造躯体の上級・特級。構造躯体を守ることに限っては、どんどんレベルを上げても、設計がよければ不静定次数が高いので部材はどんどん壊れていくんですけども、全体崩壊に至るまでは余裕がある。接近は可能かなと思えます。

一方、免震に関しては、想定内であればほとんど被害は出ないんですけど、想定を超えたときには、レベルが低いとこのぐらい出ますけど、余裕度を見るとこちらにずらすことができるけども、いずれにしても、もっともっと1万年に1回とか10万年に1回というのは、なかなかどういふものなのか想定難しいですけど、かなり厳しくなるというのが免震かなと思えます。

一方、機能維持に関しては、これは耐震はいかに努力しても、もう厳しいと。3.11地震の目安、1,000年に1回くらいの地震の目安を書いてありますが、それに対して免震は、ほぼ構造と一体で機能しますから、この程度の地震動であれば数千年に1回、せいぜい1万年に1回くらいであれば何とか免震で躯体どころか、機能時も可能だと。ただし、もし10万年に1回とか、ここを対象にするのであれば非常に厳しくなるということで、一体どこを対象に設定するのか、何を守るのかということで話は少し変わってくるということなのです。

長周期地震動もいろんなタイプがありまして、数千年に1回、1万年に1回のレベルになると活断層ですとか、海溝型の超巨大地震というのが対象になりますから、免震建築ですと断層の真上に建てる、これは台湾の地震の断層の真上の建物ですけど、フリングステップとか断層変位と呼ばれるような、変位・変形が出てくるようなところだと傾いてしまうので、これはちょっと免震は厳しいですけど、これはもう想定しないということかと思えます。

一方、少し離れたところは神戸で見られたようなキラーパルス、指向性パルスと呼ばれるような地震動ですとか、今問題になっているのは十勝沖地震で観測されたような長周期、長時間の地震、堆積盆地と呼ばれる厚い堆積層があるところで、非常に長く、ゆっくりと揺れる波がいつまでも続くという地震動を考えなければいけないというのが今の主な対象かと思えます。

そこで南海トラフがいつ起こるか分からないという状況ですので、国交省が技術的助言というのを2016年に出したということです。書いてあるとおり、これ最低基準の話ですから、100年～150年に一度に南海トラフ地震が起こるというので想定しているんですけど、対象としている地震は1854年の安政東海地震と1707年の宝永地震という、かなり大きい地震を想定しています。

対象は関東・静岡・中京・大阪。この区間を分けて、三つ、三つの三つの一つで10区間に分けて、静岡・名古屋・大阪の湾岸では非常に厳しい地震動を想定している。これ2倍まで、これが現行のL2告示ですから、関東はそうでもない、大したことないですけど、この直上の1番目のところが2倍まで考慮しろというようになっています。ただし、これは告示ではないんですけど、告示に近い扱いをされているということです。

これ注意していただきたいのは、南海トラフが対象だということで、これから相模トラフの巨大地震も出ますし、今年、千島海溝も出ましたし、そのうち日本海側も出てくるかもれませんですけど、これは場所を変えれば当然その地震動も考えなければいけないということと、これは一般設計者が対象で、強震動予測手法を使えない方でも使えるような形に、かなり簡略化したやり方だということです。

500秒以上も考えろということなんですけど、詳細は省きますけども、基整促波は3種類ありまして、これを10区画に地震波が公開されていまして、それをそのまま使ってもいいし、提案されている応答スペクトルにフィティングする地震動を自分でつくってもいいし、それから、手法そのものが経験式が公開されていますので、これをつくった経験式を使った断面を自分で分けて、それからサイトも自分で設定して擬似速度応答スペクトル、この手法を使って、各断面から重ね合わせて、SRSSを1.1で割ったスペクトル、自分でつくってやってもいいという方法です。

それから、これ以外の方法も、例えば建築学会とか政府の報告書で、しっかりした人がそれなりの理由をつけて地震動をつくれればこれでもいいし、それから位相を気をつけるということと、あと、応答スペクトルレベルに関しては、①～③以下にすることはならないというようなことが書いてありますので、ここで議論しているのは、この話ではないかなと思います。それから、特に関東・大阪・名古屋の大都市圏の堆積盆地が対象ですので、500秒以上の継続時間を考えろということになっています。

500秒以上の継続時間というのは、何をイメージしているかというまさにはこれにして、これは1944年の東南海地震で、東京の気象庁で観測された変位記録が復元されているんで

すけど、これ200秒、400秒、600秒ですから、もう500秒というのは超えて、延々と10分以上揺れていると。これは堆積盆地だから揺れているのと、余震も入っているから揺れていると思うんですけど、だから、東京とか大阪でしたら、やはり500秒以上というのは必要で。

ちなみに、これは公開されている基整促波の速度波形です。関東・静岡・大阪で500秒以上考えろということなんですけど、静岡、一応継続時間としては500秒を考えるんですけども、堆積盆地ではありませんので、主要動に関してはこのくらいのものでいいということで、計算時間に関しては500秒やれということかなと思いますので、適切な震源サイト、伝播サイト特性を考えろとっていることなんだと思います。

それから、地震動を非常に大きいのが2倍まで考えろみたいなのが出ているんですけど、それが果たして免震建築の耐震性を上げるのかということ、いろいろ議論があるという話を紹介させていただきます。もう最近は最大級地震動を考えろということが、今、東日本大震災の後に出ているんですけども、これは地震調査研究推進本部の、東北地方太平洋沖地震の前の南海トラフの想定地震とその後の想定地震域ですけど、御存じのようにこんなに変わっているということです。

その前は「固有地震」の考え方によって、次の地震は東海地震、30年で87%~88%と言われていたんですけど、M9が東北で起こってしまったと。ここでもM9を考えるということで、3連動+九州、内陸それから海も拡張しているんですけど、6連動に近いような、これはサイエンスではなくて、あくまで防災目的で設定しています。確率は度外視して。8~9の地震がどこに、いつ、どれだけの大きさは分からないけども、30年で70%程度ではないかということで、「固有地震」から「多様性ある地震」ということで、評価を大きく変えたということで、最悪、最大級も考えろということで、決して設計用地震動、これで設計しろと言っているわけではないということです。

この前提になったのは内閣府と、その裏で国交省と連携しながらやっていたんですけども、内閣府が南海トラフの巨大地震による長周期地震動に関する報告というのをまとめまして、これはあくまで最悪まで考えて、設計地震動ということ意識してつくっているわけではなくて、危機管理上は絶対最悪を考えるというのは必要ですから、想定を超えるような事態が起こっても対応できる体制をつくるということで内閣府はやっていたと思うんですけども、国交省もそれに対応して、本来最低基準をつくるべきでしたら、リスクだけではなくて、リターンと両面から総合的に判断すべきだと思うんですけども、総合的に考

慮して、こういうのが出てきたということです。

もう少し細かく見てみると、100年～150年に1回が南海トラフというのは、御存じのように確かにそのとおりなんですけども、細かく見るとやはりM8の地震が多い。これ過去に遡って出ていますが、特に南海地震はかなり規則的に100年～150年に1回起きているのかなと思いますけども、東南海、東海に行くに従ってよく分からなくなってくる。特に最近だと、もう東海は単独で起きないんじゃないかと。起きるとしたら連動するのではないかとされていますし、あと宝永の地震というのは、はっきりこの3連動が起こったというのからすると、1,500年では1回しかなかったと思います。ここに慶応の地震とか明応の地震、これは津波地震だったと言われているので、はっきりしたこのタイプが起こったというのは1,500年で1回ではなかったかなと思うんですけども、国交省がこれを考えたということです。

ただし、南海トラフのようなものを考えると、当然、地震動のレベルというのは変わってくる。これは内閣府の報告書にも出ていますが、これはあくまで数値シミュレーションの結果ですけど、宝永地震でM8.6という非常に大きい地震を考えると、大阪、名古屋、関東の応答スペクトルの、周期4秒のレベルをプロットしているんですけど、大体この80というのが安全限界、L2レベルですけど、宝永地震を考えると大阪・名古屋でL2レベルを超えてしまう。これがそうかなと思うんですけど、一方、昭和南海地震を考えると、これ実は全然大したことなくて、大阪でL2いくかな、名古屋ですとL1ぐらいな地震ですから、可能性の高いこっちを出せば、当然、現行でもオーケーですけど、こっちまで考えろと言われると、相当2倍まで考えなければいけないということで、何を対象にするかによって相当変わってくると思います。

何でこんなことを言うかということ、地震動が大きければいいじゃないかと一般的に言う人もいるんですけど、実は耐震性は上がるかということ、そんなことはないということです。これちょっと試しにやってみたんですけども、9階建てのRC造の免震建築で、入力地震動を2通り、従来のL1・L2とそれから大阪・名古屋・静岡の技術指針の2倍までという地震動で変えて、設計クライテリアはL1地震はこっち、L2地震はこっちというクライテリアを与えて、上物の層間変形角はこのくらい。加速度に関しては 200cm/s^2 以下、免震層に関してはL1は20cm、L2は60cmですから、かなり余裕を持って、大阪・東京でこれやれというと厳しいと思うんですけど、これをクライテリアにして、通常のL1・L2でやったものと、それからL2に関しては大阪・名古屋・静岡の2倍までと想定するような、クライテリアを満足

するような設計をしてみたということです。

当然ターゲットが与えられているので、それを満足するような設計は可能なんですけども、これはL1地震の加速度応答を示したものなんですけど、大阪の地震ですとかいうと、加速度が上がってしまうんです。これ当然で1.5倍ぐらい上がってしまう。非常に2倍まで大きいので、それに耐えるようなものにするためにはダンパーをいっぱい入れたり、免震層の剛性を高くしなければ、どんどん変形が出てしまうので、このクライテリアを満足するには剛めにつくらなければいけないので、可能性の高いL1地震に関してはパフォーマンスを悪くしてしまう。

本当に一般建築でこれがいいのかと、ああいう宝永地震のような1,000年に1回の地震に対して設計させておいて、可能性の非常に高い地震に関するパフォーマンスを悪くするのは本当にいいのかというのは、もうちょっと広く議論すべきだと思うんですけども、今これが動いている。下手すると大阪・名古屋では免震が造れない、諦めてしまうというようなことも起こっているというのが現状かと思います。

ということで、中間のまとめですけども、原子炉建屋ですと S_s の敷地ごとに震源を特定して作成する地震動というのをつくりますので、国交省について当然これでカバーできていると思います。それから、通常の免震建築、一般建築であればL1・L2、余裕を見てL3ですけど、1,000年オーダーで1.5倍。条件が非常に悪いと2倍ぐらいまで考えるのがあるというのが現状かなと思います。

一方、免震建築はそれ以上の耐震性が要求されるというので、1万年～10万年に1回まで考えろと言われると、ちょっと通常の免震に関してでは対応し切れなくなってしまうということで、免震設計の自由度はかなり失われてしまって、免震の優位性が、これもターゲットにしると言われると、失われてしまうのではないかということで、原子炉建屋本体に関しては慎重にすべきですけども、むしろ代替が望ましい、可能だという施設に関しては、免震と耐震部を多重化することを推進して、リスクを低減というやり方もあるのではないかと思います。

それから、上下動なんですけども、今長周期に関する上下動の経験式も出ていますし、そもそもこの S_s の震源を特定して設定するやり方ですと、理論的手法、数値計算手法によって、計算の中でもう自然に上下動、水平動が入りますので、表面波もレイリー波が入ります、サイト特性も入ってきますので、これでカバーできるのではないかなと思います。

それから、500秒以上というのは計算時間を延ばせばできますけども、主要な長周期地

震動は延々と続くかというのは、これは関東平野であれば分かるんですけど、そうでない、硬質地盤のところというのは、ちゃんと物理的な理論的裏づけがあれば、それを使えばいいのではないかなと思います。一方、連動地震、余震などがありますから、非常に長い時間というのはやはり経年劣化などがありますから、別途配慮は必要だと思います。

それから、最後にモニタリングシステムですけど、工学院大学新宿の超高層ビルなんですけども、東日本大震災のときに入れていまして、非常に役に立ったという事例の簡単に御紹介です。

大学の建物と隣のエステックビルというのが、ツインタワーで建っているんですけど、ずっとモニタリングしていて、即時判定も入れていまして。簡易計測震度を高さ方向にうちの建物とこっちの建物に出ているのと、あと簡易な層間変形角を出して、構造的に危険があるか、室内被害があるかということ、両方出していまして。色で分けてぱっと分かるようにして、もうすぐに分かったのは、構造躯体には何の被害もない。ただし6弱から5強が出ていますので、室内被害に関しては、出た可能性があるということはすぐに分かりました。

こういう結果を基に設備担当の人がすぐに室内を点検しまして、躯体はない。ただし室内に関しては場所によってこういう被害が出ているということがすぐに分かりまして、災対本部でも躯体は問題ない。気をつけるところは気をつけましょうということで、もう周辺に帰宅困難者があふれ返っていましたので、1階のアトリウムがあるんですけど、そこを公開して、すぐに帰宅困難者を700人近く受け入れるというような判断も適切にできたということで、モニタリングをやっていると、こういう使い方もできるんです。

それから、モニタリングのほうは、今いろんなシステムがありまして、これはいろんな会社のサンプルを貸し出していただいているんですけども、層間変形角で小破・中破、それから最大加速度で、室内被害の程度も一目で高さ方向に分かる、今これは超高層向けですけど。それから、免震向けだとこんなのがあって、免震層が動いているのがリアルタイムに分かって、この円を超えるとちょっと要注意とか、かなり危険かというようなのが、もう即時に分かるというようなものもあります。

即時対応も可能ですし、先ほど問題になったのは経年劣化なども、メンテナンスも蓄積していればできますし、それから、当然、地震動を記録していますから、地震動のその後の精度を上げる、伝播特性とかサイト特性とか相互作用ですとか、こんなことにも使えますので、ただし、ピンからキリまでありますので、費用対効果なども考慮して柔軟に対

応すればいいのではないかなと思います。

ということで、ちょっと駆け足ですけども、国交省の技術的助言、Ssプロセス、新たに検討する項目、鉛直荷重とヘルスマonitoringに関して、コメントさせていただきました。

ちょっと確認したほうがいいのは、本体なのか、こういう施設なのか、こちらであれば私は免震は積極的に推進して、耐震と組み合わせる、多重化すべきではないかなと思います。

それから、促進波というのは、基本的にはこういうことができない一般建築の簡易的なやり方ですので、長い継続時間というのも大都市圏に関しては使用度に関しては必要ですけども、サイト特性を適切に考慮すれば、もう自動的に入ってくるんだと思います。免震建築というのは非常にいいのですけれども、万能ではありませんので、当然慎重な検討というのは必要なんですけど、あまり過度に、可能性のほとんどないようなものまで、これを対象に設計しろと言われてますと、一般的に使われている免震ではできなくなってしまいますので、それは本当にいいんでしょうかという。私は積極的に推進すべきではないかなと思います。

それから、モニタリングに関しては、いろんな使い方ができるということも述べさせていただきました。

以上です。ありがとうございました。

○山中委員 久田先生、どうもありがとうございました。

全体、先生方のお話を聞かせていただいたの議論というのは、最後にさせていただきたいと思うのですが、久田先生の御説明に直接関係するような質問、コメントございましたら、今いただきたいと思いますが、いかがでしょうか。規制庁のほうから質問とかコメントございますか。よろしいですか。

私のほうからちょっと一つ、久田先生に。

先生がおっしゃられている多重性というのは、具体的に例えば緊急時対策所を考えますと、緊急時対策所、免震構造のものと耐震構造のものと、それぞれ一つずつつくるという、そういう意味での多重性というお考えですか。

○久田教授 それも理想的ですけど、恐らく建屋の中にあると思うんです。建屋が耐震ですし、外に免震があるという、こういう組合せもあるかなと思いました。

○山中委員 ありがとうございます。理解できました。

そのほか何かございますか。よろしいですか。

ありがとうございました。

○久田教授 ありがとうございました。

○山中委員 それでは、引き続き資料2-2につきまして、菊地先生から御説明いただきたいと思います。よろしく願いいたします。

○菊地教授 聞こえますか。パワーポイント映っていますでしょうか。

○山中委員 はい。こちらでは見えております。

○菊地教授 じゃあ早速、始めさせていただきます。

免震構造の設計・維持管理に対する意見としまして、私のほうにいただきました検討事項はここに記載されているとおりでございます。

免震設計用の鉛直方向地震動の設定および利用ということ。あと一般建築物仕様の免震装置の許容限界が、原子力発電施設へ適用できるかどうかということ。引張面、これは積層ゴムですけれども、引張面圧1MPaの安全余裕、引張ひずみを許容限界とすることの適用性、そして免震装置の一つであります履歴系ダンパーの設計時の安全余裕と、それとヘルスマモニタリング、装置の機能維持の確認方法、ヘルスマモニタリングの管理の方法はいかがということ。

あと別置き試験体、これは免震装置の別置き試験体、経年劣化を把握するための別置き試験体の設置に関する検討、そして過大な地震に対するフェールセーフの設置に対する留意事項、そしてその他ということで、この項目について現状を説明しつつ、私からのコメントは赤字で示させていただきます。

この審査ガイドが参照している文献を、ここに示しております。ほぼ免震に関わる一般建築の指針等は網羅されているということでございます。それに加えて原子力発電所施設に関してはJEAGの4614-2013年のものが参照されています。一部更新がございますが、赤字で示しております。

早速最初の検討項目ですが、免震設計用の鉛直地震動の設定および3方向の同時性を考慮した設計に対してはどうかということで、これどういうことを意味しているかといいますと、原子炉建屋に対して地震鉛直動、水平動、そして水平動に伴うロッキングというものが生じた場合に、端部の積層ゴムには地震の前にはここにある状態、自重による初期状態から地震によって軸力が変動する。これが過大な入力になると引張領域へ入っていくという、この動きが水平動と鉛直動が同時に作用することで引張領域に入る可能性が高くなると、それをどのように評価するかということですが、もう少し波形で示しますと、こう

いうことになります。

水平動による積層ゴムの軸力の変動がこの太線になっております。そこに上下動、上下動は振動数が高いですから、このような波形になっております。これを重ね合わせると、この下のような波形になると。この変動を、どうやって評価するかということでございます。

評価方法としては、この波形のそれぞれの絶対値の和、それと時刻歴上、要するにこの状態です。時刻歴で試算をして評価する。あと同時にこれは別々に計算して、解析したものですけども、これを同時に入力した場合に出てくる軸力を評価するということになると思います。引張領域も同様でございますが、JEAGではそれに対して絶対和は過大に安全側の評価に見るということで、それではちょっと大き過ぎるので、このような同時入力、SRSS、そして組合せ係数法の包絡がよろしかろうということが、JEAGで示されてくることになります。

一方、一般建築では簡易な設計法による免震告示がこのような軸力係数という方法で、長期軸力を0.3倍したものを水平動に加えるという簡易な方法、そして時刻歴による設計では、JEAGと同様に最大値の単純和は絶対値の和、あるいは時刻歴波形の重ね合わせというような方法を示されていますが、ここで免震に注意すべきことは、重ね合わせるときに一般建築の場合では、免震の建物の水平方向のこういう周期が大体3秒～5秒くらいであると。上下動はその約1/10であるということになると、この場合はゆっくりとした周期の中に、上下動による軸力変動も入りますので、ほぼ同時刻に最大値が重なるということは十分考えられますので、単純和でよろしかろうということになるわけです。

以上の原子力と一般建築の現状を踏まえると、私なりに思うところは、SRSS、水平2方向は確かに適用はしてもいいと思うんです。これは周期が近いですから。ただし水平と上下のSRSSの適用は疑問があります。というのはこれが理由です。要するにSRSSでは、危険側に評価、小さめに評価することがありますから、やはりこれは単純和がよろしかろうということです。もう一つは、絶対値和、時刻歴波形の重ね合わせるときです。それと水平方向の解析と上下方向の解析というのは、それぞれの方向で減衰が生じるわけですけれども、例えば剛性比例型の減衰、最も一般的な減衰の定義の仕方の一つですけども、剛性比例型の減衰を適用する場合には、振動数に比例して減衰定数が大きくなるということになりますと、水平動で設定した1次の減衰定数に対して、上下動はかなり減衰を大きく評価してしまうということで、これらを独立に評価すべきでありますし、できないのであれ

ば別々に解析して、それぞれの減衰定数を設定して解析したものを重ね合わせるべきであろうと考えます。

あと引張側の復元力特性の設定の注意ということで、引張側の剛性、通常1MPaで降伏するというので剛性を落とすのですけれども、それをゼロとするというのは、変形は確かにこれで大きくなりますけれども、力としては過小評価になります。ですから、引張剛性というのは大体、圧縮剛性の1/10程度を低下するというような設定であればよろしかろうと思います。要するにこの引張剛性を0にするのは、危険側の評価になるということで、注意すべきという点です。

あと下2点は、大変形のとくに、今度は積層ゴムのせん断変形で軸力、軸方向成分の間に相互作用が生じるということがあるんです。もしそういったことを考慮できないのであれば、こういう状況が生じる以前の変形に留めることが必要であろうということ。それと水平2方向、水平1方向のクライテリアというのも、もちろんあるんですけれども、2方向に変形した場合に、その積層ゴムが破断するクライテリアというのは、一部の積層ゴムでは水平2方向の影響が生じる場合があります。そういったものをこれから使用を想定する装置では、検討が必要であろうということを考えております。

続いて、一般建築仕様の免震装置の許容限界の原子力発電所施設への適用ということで、これはどういうことを意味しているかといいますと、積層ゴムの横軸がせん断ひずみです。縦軸が面圧、鉛直、垂直応力度です。これが相互に影響し合って、クライテリアというのはこのエリアで囲まれた中で設計を納めなくちゃならないということがあるんです。これ一般建築における評価事例です。こういうことを規定しているのは圧縮領域だけです。これは圧縮側です。

一方、原子力発電施設に関しては、JEAG4614では、似たような相互作用の図ですが、今度は引張領域に関してもこのような形で示されているんです。要するにこの対象が引張領域まで入っているというところが、原子力発電所に適用、特有なものかと思うんですが、一応こういう形で①～⑤の定数が規定されているということがございます。かなり原子力発電所施設に関しては、2013年から始まった電共研で、大口径の1,600mmの大きな径の積層ゴムの検討が行われております。ここに書いてあるとおり、この積層ゴムを引張領域で実験をしているということがございます。私としては今の電共研の成果というものはかなり踏み込んだ検討内容ですので、ぜひとも一般建築仕様というのは、あまりそこまでは実大での実験は行われておりませんので、この成果というものを適用すべきだろうというこ

とを考えております。

それに加えて、先ほど申し上げた水平変形と軸力との相互作用ということを上申していますが、これは積層ゴムに係る軸力が低い場合と高い場合で、その水平方向の挙動に違いが生じますということを模式的に示したものです。軸力が低ければ積層ゴムはハードニングが生じて最後は破断します。

軸力が高ければ、このような形で座屈をしますということで、軸力に依存して水平特性が変わるという現象が確認されているんですが、こういったことを考慮するというのは、解析的には結構難しいです。ですから、こういったことが生じる以前の領域で設計は留めるべきだと。すなわち線形領域と言われるところで設計は留めるべきだろう。およそせん断ひずみにして250%程度の領域になりますけれども、それ以下にすべきだろうと考えております。

続いて積層ゴムに生じる引張面圧を1MPaとすることの、これを許容限界とすることの適用性ということですが、これは先ほど紹介した電共研の成果です。1600φの積層ゴムに対して、一つは軸応力、要するに引張面圧で評価したときの破断局面の評価。あともう一つは、応力ではなくひずみで評価する。2通りの検討がなされております。ただ、私なりに思うのは、構造物の応答を評価するときというのは、一つは力のつり合いを満足するということ。

もう一つは変位の適合条件、この二つの条件を満足しながら、構造物の応答というのは解いていくんですけども、一般的に力のつり合いというのは精度がいいです。変位の適合条件というのは構造要素の剛性、あるいは力学的挙動を精度よく表現する必要があるんですけども、力のつり合いのほうを一般に精度と言われるということを見ると、やはりクライテリアとしては、応力で評価すべきだろうということを考えております。現にこの電共研の成果でも、実験結果が設定したクライテリアに対してよくできる、合っていると。一方、ひずみのほうは、設計したものにどっちかという安全側の評価に、安全側ではあるんですけども、過度に安全側であるということです。

あともう一つ注意していただきたいのは、積層ゴムに引張力がかかったときには、当然フランジプレートの変形を拡大して示しておるんですけども、必ずしも1MPaという値が、これは軸力を断面積で割った値ですけども、局部的には端部に引張応力が大きく生じていて、内部はフランジプレートが曲がりますのであまり生じていないということで、決して一様に分布はしていないと思います。ですから、この評価式で1MPaを評価することがどう

なのかということ、もう一度、例えば電共研の1600φの試験結果なりを用いて確認していただきたいと思っております。

これは審査ガイドでは触れられていないんですけど、注意していただきたいことの一つに、最近こういうことがあります。てこ反力と言われるんですけども、積層ゴム、フランジプレートは剛性によって、剛性が高いと、要するに厚いフランジプレートですと、このような形になるんですが、軟らかいとフランジプレートのところが、てこの原理で支点が外に来て、単に引張力をボルトの本数で割ったときのボルトの引張力以上の引張力がかかるおそれがあると、これ実験的にも検証されています。もし引張が生じるような積層ゴムがある場合は、このてこ反力も検討すべきだということを付け加えておきます。

あと履歴系ダンパーの安全余裕ということで、審査ガイドには具体的な数値の規定はございませんでした。私なりに調べたところでは、履歴ダンパーの代表例として免震U型ダンパーという、ここにあるような鋼材系のダンパーですが、このダンパーというのは累積損傷度をこのような式で評価するんですけども、評価式の設定の意味は、安全係数0.7704、これは非破壊確率95%に対応するんですけども、この式(2)はこういった安全係数が盛り込まれた評価式になっております。こういう評価になっております。

この妥当性についてお示ししたいんですが、これは東北地方太平洋沖地震での石巻の免震、新築された病院の記録です。ここにあります履歴ダンパーのけがき針の変位記録がこのように得られております。このけがき針の記録を読み取って、前のページにお示しした疲労性曲線に参照して、実際に東北地方太平洋沖地震で、どの程度このダンパーが損傷を受けたのか。一部塑性変形しております。

それを調べた結果がこれでございます。これはけがき針の記録を基に評価した累積損傷度ですけども、ここにDと書かれているもの、これを累積すると、合計したものが約0.05。これはどういうことかといいますと、5%疲労寿命は減ったということです。要するに95%残存、残っているということです。

一方、このダンパーの性能として新品であれば、地震時に経験した213mmの変形を経験する、これを84回繰り返して破断に至るという計算が出てきます。それに対して今回、疲労を受けた、取り出したダンパー、試験をした結果が80回で破断するという計算結果がこれから出てきます。実際に実験した結果が76回、77回、この程度ということで、よく一致しているということで、先ほどお示しした累積損傷度の評価というのは、十分妥当であると判断いたします。ですから、そこに盛り込まれている安全余裕度、先ほどのお示しした

数値についても、それは他の免震装置と整合性を持って設定すればよろしかろうと考えております。ただし、一番最後に申し上げますけれども、長周期長時間地震動に対しては別途考慮が必要であると。

続いてヘルスマニタリングです。これは免震協会で示されている維持管理基準の項目でございます。これらの点検は通常点検、定期点検、応急点検、詳細点検、基本的には全て目視点検でございます。外から見た場合に免震装置、表面、見えるところで損傷が生じていないかどうかということ。あるいは残留変形が生じて擁壁とのクリアランスが少なくなっていないかというようなことを点検するというのが免震協会の維持管理基準で示されております。

また、先ほどの履歴ダンパーのデータに戻りますけれども、御覧になっていただきたいのは、ここにありますけがき針の記録です。大きなところだと読み取れるんですけども、変形の少ないところというのは、ほとんど読取りが不可能です。ですから実際読み取れたのは8回分の波形です。

これに対して熊本地震では、さらにこのような形で記録が取れているんですけども、これを読み取る時に何を苦労したかということ、どっちが先なのかという、移動速度と、順路です。これを同定するのは非常に困難です。これはいずれも紙、あるいは板に書かれたけがき針の記録です。大変苦労します。ということで、私が申し上げたいのは、とにかくデジタルのデータを記録できる、そういうシステムが必要であるということです。理想的には変位の時刻歴データが欲しいということです。

これは2003年の十勝沖地震のときに、釧路市内の免震建物で取られた加速度記録です。それとこの建物にはけがき針変位計もつけておりました。加速度記録を2階積分すれば、変位波形になりますけれども、それと実際のけがき針の記録を重ね合わせたものがこの写真でございます。非常によく合って再現できるということで、理想的には部材の損傷、免震装置の損傷を評価するには変位の時刻歴データが必要ですが、そこでは加速度や速度波形、どれでも再現可能なので、ぜひそのシステムを設置していただきたいということでございます。

続いて別置き試験体の設置の課題点、必要性、代替方法ということですが、ここにお示ししています写真は全て一般建築の別置き試験体です。共通しておりますのは全て縮小試験体ということでございます。ただ、縮小試験体ですが、軸力を掛けて同じ環境に設置されているということです。ただ、最近はあまり置かれていない。装置メーカーに管理を依

頼していることが多いようです。

これに関して原子力発電施設ではどうかということで、私からのコメントとしては、まず数十年間にわたる運転期間、非常に長い期間でこの積層ゴムの経年による評価というのは二つあって、一つはクリープ変形、もう一つはゴムの酸化、硬くなりますから、それによる特性変化です。この二つを評価する必要があります。

それを縮小試験体で評価するのか、実機なのかということですが、クリープ変形に関しては、とにかく軸力を導入しておく必要があるということで、それがこのような形になっているわけです。縮小試験体では容易ですけども、実大試験体でそれをするのは難しいということです。

一方ゴムの酸化による特性変化というもの、今度は逆に実機はゴムの酸化による特性変化を直接的に評価、そこに置いておけばいいわけですから、評価できます。ただ縮小試験体というのは、相対的に実機よりも酸化により表面からゴムが酸化されて硬くなる、その影響が相対的に実機よりも大きくなります。ですからそのスケール効果というのを考慮する必要がありますということです。ですから、理想的には実在試験体を別置き試験体として、免震層に置いておくべきなんだろうけども、ただし、それを取り出して定期的に試験するというのは難しい。じゃあ縮小試験体でいいのかというと、スケール則がある。ですから、これを明確にできれば、縮小試験体におけるゴムの酸化のスケール則を明確にして、実機の影響を明確にできるのであれば、別置き試験体は縮小試験体でもオーケーではないかと思っております。

最後のフェールセーフに対する留意事項ということで、免震の設計というのはいろいろ考え方があります。擁壁へぶつけることを許容するのか、しないのか、あるいはぶつけた結果、上部建物が損傷することを許容するのか、しないのかといういろいろな設計の考え方があってんですけども、原子力発電所施設に関しては、私はこう考えるんです。まず擁壁に衝突すると上部構造に過大な応答加速度が生じますから、機器が損傷するということを危惧する。ですから、ぶつけるような設計はすべきでないと考えます。

じゃあ、ぶつckerときの加速度をやわらげるような緩衝材というものもあるんですけども、これはクリアランスを小さくします。ですから、これも不要であると。原子力発電施設というのは、恐らく一般建築以上に免震クリアランスは、余裕を持って設定できると思われ

ます。ですから、ここです。積層ゴムの荷重支持能力が喪失する以前の許容限界変位、それ

に対して1.5倍程度のクリアランスを設けることによって損傷を回避する。そして、それ以上になりますと、支持能力は喪失しますから、ここでこれが喪失しても建物が傾く等、ならないように支持能力を維持するような代替装置、そして変位抑制装置を導入すべきと考えております。

あとこれ追加で、先ほど久田先生がお示しした長周期地震動の基整促波に見られるような配慮ですけれども、免震構造に対して長周期長時間地震動をどのように考慮するかという事例を最後に紹介したいと思います。

これが危惧されるのは、履歴系ダンパーと鉛プラグ入り積層ゴムでございます。最初に履歴ダンパーに関しては、先ほどの累積損傷度のほかに長時間の繰り返しによってどの程度荷重変形が変化するかということは、既にメーカーのほうで検討されておまして、それがおよそ2割も低減するであろうということで、最大8割の降伏耐力の低減を考慮すると。それは累積変形という、免震建物が累積どれぐらいに変形するかという変形量に応じて、このグラフでもってその低減係数を求めて、低減係数の下で応答解析をして、設計をするということが、履歴ダンパーに関しては示されている。

一方、鉛プラグ入り積層ゴムに関しては、これは検討方法の一例ですけれども、熱が発生することで鉛プラグが発熱すると。温度が今度はそれによって降伏耐力が低減するんですけども、そういったことを時々刻々考慮しながら解析をするという詳細法が提案されています。

注意していただきたいのは、これ鉛プラグ入り積層ゴムというのは、鉛プラグが発熱してエネルギーを吸収して減衰を発揮するということなんですけど、発熱量は鉛からの体積に比例します。ところが放熱は表面積に比例します。そうすると、ここに書いてありますとおり、大口径の積層ゴムほど熱がたまりやすいということなんです。これ実際にそれをシミュレーションしてみた結果です。径を3種類変えて変形を与えると、大口径のほうで温度が高くなる。それに伴って履歴ループが細くなるということがあるので、これをぜひ注意してください。

これに関して対策法も提案されています。一つは鉛プラグの分散配置ということで、鉛プラグ、断面積は変えずにこれを4本にすると。そうすると同じ繰り返し変形に対してもループの細り方が少なくなるということです。

応答解析もやってみました。15階建ての建物に対して基整促波を入力したところです。従来のシングルコアの積層ゴムに関しては、約70cmの最大変形が出るのに対して、マルチ

プラグのほうは20cm弱、応答変位が低減された。こういった結果が得られるということで、この辺りも長時間地震動に対する配慮が必要であるということと、それに対する対策も検討していただきたいということです。

以上でございます。

○山中委員 菊地先生、ありがとうございました。

それでは、菊地先生の御説明について、直接関係するような質問、コメントございますでしょうか。いかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、引き続き資料2-3につきまして、古屋先生から御説明、お願いをいたします。よろしくお願ひいたします。

○古屋教授 よろしくお願ひいたします。

こちらで映っていますでしょうか。

○山中委員 はい、見えております。

○古屋教授 それでは、東京電機大学の古屋でございます。

私のほうは機器・設備に関する論点ということで、今、画面に映っております8項目について御説明をさせていただきまして、参考情報として原子力分野以外の機械系構造物での免震構造といったところも御紹介をさせていただきたいと思ひます。

資料のほうですけれども、ポイントとあと現状というところについてまとめてありまして、プラス参考意見という構成になっております。時間の関係もありまして、私のほう、ほとんどが文字だけのスライドになっておりますので、御容赦いただければというふうに思ひます。

まず①番目の免震設計用の鉛直方向地震動の設定及び利用ということについてですけれども、先ほど菊地先生のほうからも出ていましたけれども、免震構造の設計技術指針、こちらのほうでは特に免震方向の地震動の設定については特記事項がなしということで、既往の基準地震動 S_s の設定に準ずるということになっています。

ただ、地震動の作成に当たりましては、2番目ですけれども、地震ごとのばらつきに起因した過小評価というのを避ける必要がありますので、免震構造の主要モードの減衰、こちらを考慮してターゲットスペクトルを設定することが重要になるんじゃないかということです。

それからあと原子力発電所の耐震設計技術規定のほうですけれども、こちら是非免震構造を念頭にターゲットスペクトルの減衰というのは5%として定義されているんですけども、

免震構造の場合には水平方向で少なくとも20%以上の減衰ということが考えられますし、鉛直方向についても5%と異なることが想定されます。この辺がポイントになるのかなというふうに思います。

それからあと定量化というところでは、NRC REGULATORY GUIDE 1.60に準拠することが考えられまして、こちらでは鉛直方向の地震動は水平方向のスペクトルを2/3倍するというふうに定義されております。

参考意見ですけども、免震設計用の地震動を作成した場合なんですけども、免震層の上部構造物、こちらに機器・配管等も含まれるわけですが、耐震安全裕度評価において従来の耐震設計基準地震動の取り扱いということについては考えをまとめておく必要があると考えられます。それからあと耐震安全の性能評価と安全性の評価においては、PRAなどを用いて、安全評価上の同一の指標によって免震のほうも判断する必要があるというふうに考えられます。

それから、続きまして②番目、三方向成分と同時性を考慮した設計になります。こちら先ほど来話が出ておりますけども、基本的に同時性というのは解析・設計上では不要なのではないかというふうに考えています。

これは水平方向につきましては、後でも出てきますけども、装置自体を線形限界内ということでの使用というふうに考えますと、水平面内の地震応答に及ぼす影響は軽微になるであろうということです。

それから、鉛直方向につきましては、先ほど菊地先生の資料にも出てまいりましたけども、非線形特性というところになるわけですが、三方向同時入力というのは、参考意見の3番目に書いてありますけども、こちらになりますけども、免震層の剛性低下ということにつながる挙動になるというふうに思いまして、こちらが結果的には長周期化に寄与する可能性ということになりますので、機器のほうも含めた上部構造物への影響というのは、逆に小さくなるというふうに考えることができます。

ただ、設計では従来どおりということですけども、水平・鉛直の同時入力というところでの解析・評価というのは重要であって、特に鉛直方向での地盤と免震層の剛性、こちらが近い状態になるので、地盤－免震層－建屋の相互作用というところでの留意は必要になると思います。あと免震装置によっては力学特性、方向依存性がある場合には、水平2軸+鉛直を考慮した解析も必要になるだろうというふうに思います。

それからあと機器・配管の設計での水平・鉛直の組み合わせですけども、基本的には水

平・鉛直、別々に解析する場合には、絶対値和というのが基本です。ただ水平・鉛直を同時入力する場合には、計算時刻毎に代数和する方法というのでも適用可能というふうになっています。

参考意見ですけれども、三方向成分の同時性という場合には、何を評価するのかというのを明確にしておく必要があるだろうというふうに考えます。例えば応力の重ね合わせなのか、それから時刻歴応答なのかといったようなところが観点になります。

あとガイドのほうでは、現在終局というのを意識した記載になっていますけれども、JEAG4614というものも含めて線形限界内での使用ということであれば、この辺りのところの位置づけもよく考えておく必要があるだろうというふうに思います。

三つ目は先ほど申し上げましたので、四つ目は機器系のほうの水平・鉛直の組合せですけれども、既存の配管の解析結果からではSRSSというのでも妥当な結果が得られているということがあります。

それから次③番目です。3番目、履歴系ダンパーの設計時の安全余裕の考え方というところ です。

まず、弾塑性ダンパーの許容限界変形というのは、こちらは免震装置のばらつき、これは最大剛性、最小剛性というところに考慮した上で、基準地震動 S_s による最大応答値に対して上回るということのを基本的には考える必要があります。

またあと繰り返し耐力が重要になるわけですが、こちらMiner則に基づく累積疲労損傷といったようなところで、繰り返し変形性能というのを確認することがポイントになります。あと、先ほども出ていましたけれども、形状によっては水平2方向での変形性能も考慮する必要があるということです。

それから、これは弾塑性ダンパー特有ということになるかもしれませんが、弾塑性ダンパーの多くは、右下の図のように履歴不連続特性の骨格曲線にハードニングが生じると、これはこちらにありますように終局状態に向けて純せん断成分から軸力成分が作用し始めるということに起因しておりますけれども、こういったハードニング特性を考慮しまして、ハードニング開始点に対して1.5倍以上の安全余裕を確保するということが重要になるのではないかとということです。

それから参考意見ですけれども、こちらは繰り返し変形の安全性という評価ですが、最新の専門知見をもとに過剰な指標にならないように留意する必要があるだろうというふうに思います。これはほかの点についても同様かなと思います。

あとそれから免震層での減衰要素ですけども、今、弾塑性ダンパーというところについて着目して御紹介をしましたけども、例えばオイルダンパー等を含めて、減衰要素の多様性を持たせろということが安全余裕の確保につながるというふうに考えます。それからあとは経年対策というところについても、十分留意をする必要があるということです。

次に④番目、免震構造と非免震構造の構造物間の渡り配管とインターフェース部の健全性評価というところについてです。

渡り配管のように、免震構造物と非免震構造物間の設備については、地震時の相対変位が大きくなるということが分かっていますので、これらに十分留意し、相対変位に追従できる構造にするということになっています。

あと渡り配管の損傷モードというのは、相対変位に起因する低サイクル疲労ということが想定されるために、基準地震動に対してこの相対変位が十分吸収可能になるということを留意することが顕著になっています。

あと端部の配管にあるノズル部等が、座屈による損傷がないことといったところも確認しておく必要があるだろうということです。それからあとは渡り配管以外の伸縮継手、あるいはケーブルといったところにつきましては、ほかの免震構造協会等のガイドを参考に、確認項目を設定しておくということも重要になると思います。

参考意見ですけども、今の免震構造協会等のガイドも含めてですけども、例えば健全性評価の試験といったような観点では、JIS規格ですとか、高圧ガス保安協会の基準といったようなところでも整っておりますので、他の規格基準というのも参考にするといいだろうというふうに思っています。

それから次に、原子力発電所施設における大口径配管を用いる場合の設計上の留意事項という点についてです。

こちらは規格基準に準拠しまして、SUS等の実績がある材料を用いる場合であれば、大口径配管の課題は少ないのかなというふうに考えます。ただ、口径に関係せず異なる材料、配管溶接とか、それからあと減肉のモニタリング方法、それから適切なメンテナンス時期の設定ということについては留意が必要だと。

それからJEAGの4614のほうでは、留意事項として疲労評価、それから多質点入力 of 解析、それからあとは配管減衰の基本的な考え方というところには留意が必要になるというふうにとっています。

参考意見ですけども、ただこの今の御説明しました上記の件は、原子炉建屋等に免震を

採用する場合でありまして、SA設備や施設というところでは、今回のここでの大口徑配管といったようなところの対象設備はないのではないかと考えられます。急ぎ足ですみません。

次が⑥番目です。スロッシング以外に免震構造を採用することによって発電所設備に影響を与える可能性がある振動特性という点についてです。

こちらは免震層を設けますと、入力地震動に対して上部構造物に対してはフィルタ効果、あるいは加速度軽減効果というところが大きく働きます。これによって免震層上部の耐震設計された構造物については、耐力という観点では課題は生じないのではないかなというふうに考えます。

ただスロッシング、先ほど出てきたような渡り部といったようなところの変位影響以外にはですので、特に留意事項はないのではないかと考えられます。ただ、相対的に固有周期が大きくなる機器、あるいは原子炉建屋の振動モードというものを摘出しまして、免震層の振動特性によって、有意な応答増幅がないことというのを確認することは重要なポイントになると思います。

それからあと設計という観点では、プールあるいはタンクといったような、流体を内包する設備に対しては、地震時のスロッシングによって、設計条件が非免震時よりも厳しくなる可能性があるということには留意する必要があります。

それから原子炉建屋内の機器設備ですけども、一般的に建屋の一次固有周期（0.2秒～0.3秒程度）というふうに考えられますが、こちらよりは十分に短周期側の固有周期になるということですので、免震の振動特性によって、機器設備のほうで影響を受けることは少ないんじゃないかというふうに考えます。

それからあと鉛直方向入力についてですけども、こちらでも建屋床応答などによって影響が生じることは考えられますが、設置される機械構造物という観点では、前回のほうでも申し上げましたけども、限界耐力といったようなところに影響を与えることは少ないんじゃないかというふうに考えます。

こちらのスライドのほうも、原子炉建屋のほうに免震を採用する場合ということについて考えられるわけですけども、今回のSA施設というところでは、対象になる設備というのはないのではないかなというふうに考えます。

それから⑦番目です。免震層ならびに履歴系ダンパーの十分な安全余裕に関する定量的指標という観点ですが、こちらはまず基本的に基準地震動 S_s による応答値が、免震層に

設置される各装置に対する基準値に対して下回るということを確認することが、まずはポイントです。

それからあとはJEAG4614に準拠しますと、免震層及び履歴ダンパーについては、基準地震動に対する応答が、既に出てきましたけども、ハードニング開始点に対して1.5倍以上の安全余裕を確保するという事になっています。

参考意見ですけども、安全余裕というところで考えられることですけども、鉛直支持性能というのが免震層に対しては極めて重要で、この鉛直支持性能の喪失というところが即座に機能喪失というところにつながりますので、鉛直荷重を支持する、積層ゴム、すべり支承といったようなところに対してのフェールセーフ対策というのは、必ず確保する必要があります。それからあとは上部架構の塑性化というところも、安全余裕を確保する上では重要になるというふうに思います。

それからあと、これは久田先生のほうにも出てきましたけども、SA施設はDB施設の代替設備の役割を果たすということで、DB施設のほうは短周期地震動の影響を受けるのに対して、今回免震ということになれば、機能維持の観点で多様性が得られるというメリットが生じるというふうに思います。

あとは地震後の免震層の残留変位、あるいは免震層基礎部の損傷、傾斜といったようなところは、かなり低確率にはなるとは思いますけども、やはり想定というところが必要かなというふうに思います。

それから⑧番目が、履歴系ダンパーの維持管理における減衰の観点での確認方法という点になります。

まず基準地震動に対して、低サイクル疲労評価というのが十分な安全余裕を有していることを確認する必要があります。これも前に出ていた、菊地先生のほうにも出てきましたけども、あらかじめ別置き履歴系ダンパーを導入するなどして、地震動のレベルが大きかった場合、あるいは塑性率が大きくなったような場合というのは、加力試験によって設計時に見込んだ減衰から有意な低下がないことを確認できるということ、というふうに思います。

あとは地震中あるいは地震後の健全性というところの評価のために、モニタリングを実施するという事は重要だというふうに思います。あとは機能上支障となる損傷、変形、変位、緩み、錆、それからあとは可動範囲に障害物がないことといったような目視点検という、ウォークダウンのようなものは必要になると思いますので、この辺りのところも

確認をするというところが重要だと思います。

それから参考意見ですけれども、モニタリングなどによって履歴ダンパーの交換を前提にするということがあるのであれば、疲労評価による維持管理というところは基本的に不要になるのではないかというふうに思います。

それから参考情報ということで、原子力分野以外の機械構造物の免震構造というようなどころの取り扱いですけれども、建築土木のほうから比べますと、機械構造物に対しての免震の適用というのは、大分遅れているわけですが、これは幾つか問題点が例えば機能維持といったような問題点も含めて遅れているわけですが、ただ、基準とか指針という観点では、クレーン構造物での耐震設計基準ということで、これはJIS規格、それからあとISOといったようなところで整っておりますし、また高圧ガス設備のほうの耐震設計基準というところでも、免震についての取り扱いについては既に基準化されているというところを御紹介しておきたいというふうに思います。

以上になります。

○山中委員 ありがとうございます。

古屋先生から御説明いただいた点、直接関係するような質問、コメントはございますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは3先生に御説明いただいた点につきまして、議論を進めたいと思います。各先生からの御意見は、資料1に示しております論点に対する共通するところもございますので、議論は資料1に示している論点ごとに行いたいと思います。

なお、論点No. 1についてはNo. 4と同様な内容でございますので、No. 4のときにあわせて議論を行いたいと思います。

それではまず論点No. 2から議論を始めたいと思います。よろしく願いいたします。

どうぞ。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁、山崎でございます。

私のほうからは、まず久田先生に御説明いただきました資料2-1につきまして、確認の御意見等をいただきたいと思います。

資料2-1の10ページのところで、第1回の会合のときにこちらから課題として考えているということで挙げさせていただきました、国交省の技術的助言で示しています基整促波の継続時間500秒の扱いにつきまして、この点について本日その策定経緯とか説明いただき、非常によく分かりましたが、念のための確認させていただきたいと思ひまして、この500

秒というものは、関東平野、大阪盆地という、いわゆる軟弱な厚い堆積層、いわゆる先生がおっしゃった堆積盆地というものの、広域な盆地を形成しているということで、それによって起因しているものだというので、広域な厚い堆積層がない地域、いわゆる静岡県の例にもありましたが、こういったところでは100秒～200秒程度ということ。

そういったことを踏まえますと、原子力発電所の対象サイトにおきましては、こういった関東平野のような厚い軟弱な堆積層というものは基本的には存在していないというふうに考えていますので、現行の基準地震動の策定方法で長時間の継続地震の地震動というものを踏襲できるのではないかと考えていらっしゃるという理解でよろしかったでしょうか。

ということと、そういったこの500秒というものが広域的な盆地、軟弱な盆地によるものということが考えられますけども、一方でもう少し狭い範囲、発電所のようなローカルなサイトにおいてそういった軟弱なものがあつたとしても、やはり広域ではないということから、500秒までは行かないといった考えでよろしいでしょうかという2点、お聞きしたいと思います。

○久田教授 今、声、聞こえていますでしょうか。

○山中委員 はい。聞こえております。

○久田教授 ここで今示しているのは、東京の大手町の記録ですけども、これはもう典型的な東京、関東平野の長周期長時間地震動が観測されているものです。

横軸を見ていただきたいんですけども、10分以上揺れていると。ただし、これ関東平野の中の地震ですけど、この中に余震も入っていると言われてるんです。だから余震をどこまで含めるかによって継続時間は対応変わると思うんですけど、少なくとも主要動のメインショック、本震に関して静岡のようなところで、トータルに破壊伝播の時間と、あと巨大地震であれば南海地震とか東海地震とか、いろんなところから来ますから、継続時間そのものは500秒は多分なると思うんですけども、主な長周期地震動のメインな揺れがずっと500秒揺れるというのは、ちょっと考えられない。

だから、いずれにしてもシミュレーションすれば、500秒ぐらいの小さな揺れを含めたものは出てくると思いますけども、それまで問題にするのであれば500秒というのは必要ですけど、主要な長周期の揺れまで入れれば、そこまで本当に全て解析する必要があるかと言えば、それはサイトに応じて変わりますから、震源と伝播をしっかりと考えた手法を使うことによって確認できるのではないかと思います。

あとローカルなサイトにおいて出てくるかどうかというのは、やはりそれもケース・バイ・ケースで、通常であればないと思うんですけども、やはりすごく変わったサイトがあって、伝播する過程ですごく長くなるというのは絶対ないかといえ、分からないんです。だから、やはりサイトで観測された記録と、あとシミュレーションと併せて総合的に考えるというのが必要だと思いますけども、何でもかんでも500秒を主要動を考えるかという、一般的には考えられないかなと思います。

お答えになっているかどうかあれですけど、でもここで、国交省でやっているのは、あくまで東京・大阪のような堆積盆地での、もうこれ事実として観測されていますから、これをイメージしてやっているの、静岡のようなどころで必ずやれというのは、ちょっと話が違うというのは確かです。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁の山崎でございます。

ありがとうございました。

現行の基準地震動 S_s におきましても、やはり断層を規定して、そこからシミュレーションで求めているということで、こういったものを長周期とか、時間の継続時間も踏まえて見ていくというところは、現行の規則解釈のほうでも要求していますので、それにのっった形でやっていくという方向で、検討していきたいと思います。ありがとうございます。

○久田教授 それでカバーできていると思います。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

そうしましたら、No.3についていかがでしょうか。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

許容限界の引張面圧に関して、菊地先生のほうから資料2-2で14ページ～17ページで御説明いただいておりますけれども、ちょっと補足といいますか、御説明をお願いしたいと思います。

具体的には引張面圧について、剛性低下による軸力の再配分による耐力剛性が担保された場合には、1MPaを大きくする余地がありますでしょうか。また、もし大きくするためには、ほかにどんな検証をしていけばよろしいか、伺いたしたいと思います。

○菊地教授 今の御質問、ちょっと確認させていただきたいんですが、応力再配分といいますのは、ある積層ゴムが1MPaを超えた場合に剛性低下して、その隣あるいはさらにその隣のゴムがどうかということでしょうか。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

そうですね、全部のゴムが1MPaになるわけではなくて、先ほど先生の御説明の端部が1MPaを超えると。それで剛性としては圧縮の1/10ぐらいの分担になるかと思うんですけども、その場合に周辺とのやり取りでどのような形になるかということで、端部だけ1MPaを少しオーバーして再配分されるようなことを考えた場合に、1MPaの許容値が少し大きくなることはできないかという意味なんですけれども。

○菊地教授 まずその場合は、応力の再配分をちゃんと評価できる解析モデルの精度を十分検討する必要があると思うんです。

あともう一つは、1MPaを超えた場合に、ただ単に引張だけじゃなくて、それによって、もし破断というものが生じた場合には、その積層ゴムの水平力の支持能力、水平力の支持能力がどうかという検討も必要になってくると思います。それらを精査した上で、構造物全体として転倒というところまではならないにしても、複数の装置でそれらの応力分担で成立するのであれば、それが私は設計としては成立すると考えております。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

どうもありがとうございました。

関連してもう一つ伺いたいんですけども、先生の資料の16ページの最後のところに、理想的には、引張—せん断において引張面圧1MPaをチェックすべき（実大での試験は困難であるが）というまとめがございますけれども、先生のおっしゃっているのと理解が違いかもしれないんですけども、結構、実大での実験というのは、引張も含めてやられているのかなと思っているんですけども、ここで先生がお書きになった趣旨といたしますか、真意がございましたら。

○菊地教授 これ今、私がお答えしたことに関連するんですけども、引張面圧1MPaというのは、単純に1MPaだけが1方向に生じるわけではなくて、それが生じるときというのは、恐らく転倒モーメントによる影響が大きいと思いますから、せん断変形もかなり生じていると思うんです。その状態において積層ゴムの力学挙動というものを実験で評価すべきだと思うんですが、これは実大の積層ゴムで、せん断変形を掛けながら引張力を掛けるというのは非常に難しい。試験機の能力、安全性の面から非常に難しいということを、ここでは申し上げました。ただし、理想的にはそれをぜひ実施していただきたいということでございます。

それが行われているかどうかということに関しては、非常に実施例は少ないと思います。

以上です。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

どうもありがとうございました。

それからもう1点よろしいでしょうか。引張面圧の1MPaの許容限界は安全側の評価と考えられるというふうにございますけれども、安全余裕度1.5くらい取られて、1MPaという値が出てきているかと思うんですけれども、単体の積層ゴム考えた場合に、もう少し大きな引張が入ってもすぐに切れるわけではないので、そういう意味からちょっと1MPaにこだわってしまうんですけれども、それをもう少し大きな値として捉えることはできないでしょうか。

○菊地教授 これは、私の資料でいきますと、12ページにございます、この電共研の「免震システムの評価手法の開発」の試験結果をまず精査していただきたいと思っています。その一部を14ページに示しております。

1MPaといいますか、ここに書かれてある限界曲線を、まずはこれを用いて検討すべきかなど。これが最も試験結果が実際の実機での試験が少ないと言われている状態において、それを実際に行った結果を反映しているものですから、まずはこの破断局面等を十分精査していただきたいと考えております。

以上です。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田です。

ありがとうございました。

今、先生の資料の14ページの図に触れられたんですけれども、ちょっとここで先ほど御説明いただいた中に、右側のグラフ、せん断ひずみと軸ひずみの評価のグラフがございます。先生、過度に安全側の評価ということでマーキングというか、示されておりますけれども、これは緑の近似値式というか、それに対してせん断ひずみが0、100、200%の場合に、その線から大きく外れて軸ひずみが大きくなった実験結果かと思うんですけれども、これを軸ひずみの評価として取り込むのは実験例が少ないとか、そういう理由で難しいという解釈でございますでしょうか。

○菊地教授 まず、過度に安全側の評価と申し上げているのは、これはこの論文を執筆された方が、このように記述されておりました。そのことをここに書きました。

今ここにプロットされている、この赤枠の中に含まれている試験結果というのは、実際評価された下の破断局面に比べて、かなり大きなところまで持つということを示していま

す。ただ、これがこのように乖離しているということは、まだ軸ひずみで許容限界を評価するというに関しては、実験結果、実験実施数がまだ少ないんじゃないかなど、もう少しこれはいろいろなサイズで実験をしていただければ、この辺の評価ももう少し精度よく、過度に安全側となくなることなく評価できるものと思っております。ただ、現状では実験データは圧倒的に少ないと考えております。

以上です。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田です。

御説明よくかりました。ありがとうございました。

今、先生、最後のお言葉にあったんですけども、やはりひずみとして引張を評価するにはまだ実験データが少なくて難しいというのが結論だという理解でよろしいでしょうか。

○菊地教授 はい、そのように思っただけだと思います。

○猿田主任技術研究調査官 ありがとうございました。

○山中委員 No. 3について、そのほかございますか。よろしいでしょうか。

○猿田主任技術研究調査官 すみません。規制庁、猿田でございます。

No. 3でもう一つ、履歴ダンパーがございまして、それについては各先生から御意見をいただいておりますけれども、履歴ダンパーの安全余裕度の評価について、菊地先生のところに他の免震装置との整合性をもって設定することというふうに書かれているんですけども、これ具体的にどのように考えればよろしいか、教えていただければと思います。

○菊地教授 菊地です。

今私はお示ししたのは、もう一回共有しますけども、映っていますか。

○猿田主任技術研究調査官 はい、見えます。

○菊地教授 多分、このコメントのところだと思うんですが、履歴系ダンパーの累積損傷の評価に含まれている安全係数は、この値であるということですね。ほかの免震装置に関しても、その許容限界なりの設定にどのような安全率、あるいは設計者としてどの程度の安全率を盛り込むかということ、設計者として考えると思うので、それらが著しくかけ離れていると、それはそれで無駄な設計にもなる、あるいは危険がある設計にもなり得るということですから、その安全余裕度というのを、今ここでは履歴ダンパーについてお示しましたけども、ほかの装置についてもこの余裕度というものを数値でちゃんと捉えていただきたいということを申し上げました。

以上です。

○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した。

あと古屋先生の資料でも、資料2-3の3ページに、免震要素の多様性ということが書かれておりました、先ほど先生の御説明の中にも履歴系のダンパーだけでなくオイルダンパーとか、そういったものという御説明があったかと思うんですけども、ここでは減衰装置といいますか、ダンパーとして履歴系以外にオイルダンパーというものも考えていくということで、多様性と書かれているという理解でよろしいでしょうか。

○古屋教授 電機大の古屋です。

今御指摘いただいたとおりでございます、これは免震装置自体のほうもそうなんですけども、できるだけバリエーションを持たせて、多様性を持たせることによって安全余裕というものをご確保するという考え方が重要になるんじゃないかと思っています。特にオイルダンパーというところに特化したわけではなくて、ちゃんと減衰性能を確認されているものの中で多様性を持たすということが、結果として免震層の多様性とか、機能維持につながるという考え方です。

以上です。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田です。

どうもありがとうございました。

最後に、久田先生の資料の中にも連動地震や余震への配慮という言葉が書かれていますけれども、これ理解として、特に履歴系ダンパーの場合には、その評価が重要になってくるかと思えますけれども、久田先生のお考えとして、それ以外のもので連動地震や余震の影響を評価しなくちゃいけないようなことが免震の設計の中でございますでしょうか。

○久田教授 基本的には履歴を受けることによって劣化するものですから、私はそれ以外に思いつくものはないです。長い間劣化する、何度も何度もサイクルを受けることには、聞こえますか。

○猿田主任技術研究調査官 はい。聞こえております。

○久田教授 受けるものによって劣化するものですから、それに該当するものというイメージなので。

以上です。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

今の履歴系ダンパーの許容限界を考えたときに、菊地先生の資料の18ページですと、履

歴系ダンパーについては具体的な数値の規定はないというふうに記載されていまして、一方で、次の菊地先生の資料の21ページになりますが、ここで安全余裕の評価例ということで、左の下の表に赤で囲ってあります D_i というところが、これが疲労累積係数に相当するような。

○菊地教授 累積損傷度ですね。

○川内安全技術管理官 損傷係数ですか。要は1を超えたら累積の結果損傷とみなすと。

○菊地教授 そうなります。

○川内安全技術管理官 例えばこの例ですと、5%程度の疲労の累積であれば、右の表にあるように新品で84回だったのが、計算上80回程度に低減する程度なので、まだまだ余裕はあるので、逆に言うと1をかなり大きく下回る範囲で、こういった回数的にも余裕があるところが確認できれば、そういったところにちょっと目安をつくれというとなかなか難しいかもしれないんですけど、そういった余裕があることを確認すればどこまで使えるか、設計上どこまで担保できるかという目安にはできるのかなという気がするんですが。

○菊地教授 履歴ダンパーの設計は、この累積損傷度だけで決まるものではございませんで、恐らく免震層の最大変形でどれぐらいのダンパーが必要かというところから数量、サイズが決まって、それを基に評価した結果、結果的にはこの程度、設計当時はこの建物に東北地方太平洋沖地震の波は、もちろん設計では用いたことはないと思いますけども、チェックの段階で累積損傷度がこの程度であるんだということがございます。

ですから、恐らくこれだけ、この数値だけ見るとかなり余裕があると思われんですけども、もう一度申し上げますと、恐らく設計ではこれで決まったわけではないということをおっしゃっています。

ちょっとお答えになっているかどうかは、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。

ありがとうございます。

仮にこれ設計に当てはめるとすれば、 S_s 地震を1回経験したときに、こういったところを経験したときの累積損傷、累積を求めて、それに基づいてどの程度新品のときと低減しているかというようなところが、ある程度具体的に計算できるのであれば。

○菊地教授 できますね。

○川内安全技術管理官 そういったところが確認事項にできるのかなと。

○菊地教授 はい、そうなります。

○川内安全技術管理官 要するに。

○菊地教授 ですから、これを評価、この評価法はかなりこういった実例、十分妥当なものということで、この資料をお示ししたんですけども、これにのっとって評価すべきと考えますし、この後の資料に続きますように、この評価が容易になるようなモニタリングシステムも、ぜひ設置すべきであると考えております。

○川内安全技術管理官 ありがとうございます。

○山中委員 No. 3についていかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それではNo. 4について質問、コメントございますでしょうか。

どうぞ。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁の山崎でございます。

No. 4、1につきまして、久田先生から本日御説明いただきましたところで関係することがありましたので、資料2-1のここでは6ページとか15とか16ページ、この辺の内容についてちょっと御意見等いただければと思います。

久田先生の御意見のほうでは、6ページのところで、想定される地震動に対しては、免震の機能維持の継続性の観点ではメリットがあるということで御説明ありましたが、想定外の地震動に対しては脆弱性があるということで、リスク低減の観点からいろいろなアイデアというのをいただいたと認識しています。

ただ一方で、この中で久田先生が御説明されていますが、想定される地震動というものにつきまして、これは原子力発電所に置き換えた場合には、今こちらで取り扱っているものというのはSクラスの間接支持構造物ということで、基準地震動 S_s に対しての機能維持、基準地震動 S_s というものをういています。この久田先生が想定される地震動というものは、発電所においては S_s を想定しているということでよろしいでしょうか。

○久田教授 ごめんなさい。声、聞こえますか。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁、山崎です。

聞こえています。

○久田教授 基本的には S_s です。

○山崎統括技術研究調査官 ありがとうございます。

そういった S_s を想定した場合に、ここでは今度は S_s を超えるものについてということになりまして、 S_s を超える地震動の位置づけというのは別途検討が必要だとは思いますが、まず一つの考え方として、ここではちょっとお伺いしたいと思ひまして、いわゆる

免震構造というのは耐震構造と異なって、やはり免震層が生命線ということで、ある程度の余裕というものをそこに考慮しようとした場合というものを想定すると、このような S_s を超えるというものも設計しようとした場合と仮に考えたとした場合に、 S_s を超えるようなもので担保した装置というのが、今、先生の御意見ですと、 S_s を超えるもので設計したとすると、それよりも小さい地震動、今度 S_s を入力とした場合に、その S_s を超えるもので設計したもので設計に用いた地震動よりも、中で内包する機器の応答に使う地震動というものが大きくなるといったことを示唆しているのかなと。

いわゆる S_s よりも大きいもので床応答を出したのものよりも、 S_s で床応答を出したもののほうが応答が大きくなってしまふのかというふうには、一見そういうふうには感じられたんですけども、ただ、一方で先生の資料の15ページ、こちらでは大きな地震動を想定した場合にL1という、小さい地震動で計算した場合に、免震による効果が低減して、応答が大きくなっていると、応答増幅しているということですけども、この図面の基が建築学会の大会ということで、こちらの大会の資料のほうを拝見させていただいたときに、L2の地震動に対してはそれほど応答増幅がなかったというのも拝見しています。

そういったところでいいますと、ある程度の地震動の大きさによって、こういった応答の増幅が小さい地震動で逆に大きくなってしまふ。ある程度の地震動の大きさが、 S_s 並みのかかなり大きな地震動に対しては、こういったものが実際に起こるのかどうかというところ、この辺、レベル感というものをお聞きしたかったのですけども。

○久田教授 なかなか難しいですけど、 S_s といっても多分相当ばらつきが出て、どこまで安全性というか、ばらつきの幅を見込むかによって、相当変わってくると思うんですけども、初めの、一番初めにお見せしたのは、これはあくまでイメージ図なんですけども、 S_s もちょっと私、オーバーに書いてありますけど、少なくとも一般建築だと数千年に1回ぐらいが多分イメージだと思うんですけど、 S_s で仮に 10^{-4} とか 10^{-5} とかいうレベルを考えると、場合によっては大きな、超えてしまふところが出てしまつて、あまりにもこれを、これも通常 S_s という今までは短周期地震動を想定していて、長周期地震動も多分同じように想定すると、相当ばらつきが出てくるんです。

長周期地震動は結構波形を重ね合わせるときに、悪い状況、悪い条件をどんどん建設的に重ねていくと、物すごい大きい地震動も出てくるんです。可能性としては限りなくゼロに近いものもつくることができ、それまでもやれという、もう今の免震技術だとほぼ不可能になってしまうので、一部 S_s をイメージしているんですけど、そのばらつきの中

でどう判断するかという話かなということになるかと思いますが。ちょっとお答えになっているかあれですけど、相当大きなレベルの、かなり高い安全性の中での話を、私はイメージしていたんですけども。

それから、それに関連する次の話で、これ確かにL2に関してはそんなに違いなくて、L1、建築の一般の耐用年数は数十年、50年ぐらいですので、そうするとL1が一番可能性が高いので、L1をお示ししたのと、これはクリアランス60cmという話ですから、例えば都心で非常に条件が厳しくて、クリアランスが30cmが取れないとなると、恐らくL2に関しても相当厳しくなってくるんですけど、原子力発電所ですと相当クリアランスも余裕を持って見ているので、そういう大きなレベルの話ですと、ここの話というのはちょっと違って来るのかなと。

ただし、相当大きい地震動をするとかためかために評価しなければならないので、可能性の高いようなL1ぐらいの。原発でL1を想定するかというのはありますけども、やはりパフォーマンスというのは少し落ちてくるというのは事実かなという。あくまでこれは一般建築を想定した例題として示させていただいた話です。

どこまでお答えになっているかどうかはあれですけども、以上です。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁の山崎です。

ありがとうございます。

応答増幅につきましては、そういったケースがあるというところで、一つの留意点なんだろうなという感じで受けています。

一方で S_s のばらつき、こちらについては長周期になるとさらにばらつくということで、そこをどういった方向でまとめるかというところ、こちら側が要求していくか、そういったところも今後、議論になるのかなと思います。そういったところをいたずらに全てを考慮していくのではなくて、ある程度、科学的合理性を持ってやっていくということを御指摘いただいたという認識でよろしいでしょうか。

○久田教授 そのとおりです。工学的判断というのはすごく重要になると思います。トータルに多用性を持って、先ほどからあるように、トータルとしては相当免震というのは間違いなく上がるものですから、成り立たないようなもの、悪い条件、悪い条件をあれしてこれまで作れというのは、いろいろ検討する余地はあると思います。

以上です。

○山崎統括技術研究調査官 規制庁の山崎です。

ありがとうございました。

○山中委員 No.4に関してそのほかございますか。よろしいですか。

それではちょっと時間も過ぎておりますので、No.5についてはいかがでしょうか。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

No.5、フェールセーフの扱いですけれども、先生方から意見をいただいておりますけれども、ちょっと前後してしまうんですけど、ここで言うフェールセーフの対象として考えるものとしては、設計の想定を上回る地震動が作用したときに必要なものとして考える。それから擁壁等の水平方向の大変形を拘束するものというのを、フェールセーフというふうに考えるという理解でよろしいかどうか。先生方のお考えを確認しておきたいんですけども。

○久田教授 久田です。じゃあまず私から。

私フェールセーフというのは想定を超える場合に、フェールセーフは失敗した場合に安全側に作用するというので、変形を抑えるような想定される最悪の事態をなるべく減らすための装置で、仮にですけど、ぶつかった場合にも最悪死者が出るような、転倒するような事態を避けるですとか、もしぶつかるような事態をさせないんだったら、逆側に引張るような、変形を抑えるような機能は最近では幾つか開発されていますし、あと昔から使われているのは、着座を設けていきなりどかんと下に落ちるのではなくて、ある程度の免震装置が切れたときにも着座するようなものですとか、私のイメージは想定を超えた場合にも安全側に作用するような装置、機能というイメージで話をしていました。

以上です。

○菊地教授 菊地です。

私は、私の資料の30ページにコメントを書いていますけど、フェールセーフの文字の持つ意味合いも、今、久田先生がおっしゃったとおりでございます。ただ、私がここに書いてありますのは、衝突に関するものは全てフェールセーフという捉え方で、まず衝突した場合にその衝撃を緩和するもの。そして、それを生じさせないようにするような変位抑制機能、あるいはそれによって本来の積層ゴムが支持能力を失った場合にそれに代わるもの全てをフェールセーフということで、ここにコメントを書いております。

以上です。

○古屋教授 電機大の古屋です。

私のほうも前の久田先生、菊地先生のほうでお話をされたことと基本的に同じなんです

けども、私のスライドでいきますと8ページのところにフェールセーフ対策というふうに書かせていただきましたけども、基本的に免震構造というか、免震層で最も機能というところの喪失という意味でいうと、やはり支持能力がなくなることというところが、一番クリティカルなところなのかなということなので、そういった着座、あるいは支持を確保するために、これもまたその多様性ということにつながってしまいますけども、積層ゴム以外の免震アイソレータというところも考慮して、少なくとも想定を超えた状態においても支持能力は確実に担保されるというような機能を、フェールセーフとして整えておくということが免震層としては重要なことという考えです。

以上です。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

どうもありがとうございました。

先生方の同じような認識といたしますか、変形を拘束すると同時に、上下の支持能力を失わないものをフェールセーフとして考えるということに理解いたしました。

今の菊地先生の御説明の資料30ページの最後のところに、高変形性能支承とか、変位抑制装置というふうに記載されておりますけれども、これは具体的にどのようなものか、ちょっと御説明いただければと思うんですけれども。

○菊地教授 菊地でございます。

資料の30ページに示しております、まず最初の高変形性能支承というものは、積層ゴムの想定しているんですけども、径が大きくなればなるほど変形能力というのは高まります。まずそれが一つ。それがそれでも足りない場合、あるいはそのような大きなゴムが用いられない場合というのは、今度は複数の積層ゴムを組み合わせるということで、トータルで変形能力が大きくなるというような積層ゴムも提案されています。それがまず一つ目。

変位抑制装置というのは、これは主としてオイルダンパーの機能に期待するところなんですけども、通常は免震性能を損なわないように減衰係数は低めにしておく。ただ大変形になると、可変させると減衰機能を上げるというような、可変機構を持った減衰ダンパーを用いる、あるいは荷重支持能力の喪失というところと併せまして、ソフトランディングという装置もあるんです。積層ゴムが変形しますと沈み込みます。その沈み込むのに応じて別の装置が荷重を支持する、そして同時にそこに生じる摩擦によって変形を抑えるといった装置がいろいろ提案されていますので、そういった装置を導入することを、フェールセーフ装置として導入すべきと考えております。

以上です。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

どうもありがとうございました。

最後に今菊地先生御説明いただいたような装置というのは、実験等かなりやられているのかと思うんですけれども、Ssないしは想定外の地震時におけるフェールセーフ対策として、原子力施設での適用の可能性というのほどのようにお考えでしょうか。

○菊地教授 高変形性能支承として私が先ほど口頭で御紹介した装置は、現在開発されて、ほぼ開発が終了しているものがございます。ですからもし今後それを導入するということであれば、さらに開発、生産へと進むと思いますし、変位抑制装置の中には、既に一般建築ですけども、実際に建物に導入されているものもがございます。ですから、それはもう実用段階に入っているということでございます。

以上です。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

どうもありがとうございました。

ではそういったものを参考に、今後検討の中に入れていきたいと思えます。ありがとうございました。

○山中委員 No.5について、そのほかございますでしょうか。

本日議論をさせていただきたい焦点でありましたNo.1～No.5については、かなり議論をさせていただいたと考えております。

時間も過ぎておりますけれども、No.6～No.10までそのほか先生方に伺っておきたいこと、規制庁のほうでございますか。あるいは1～5まで。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

もう一つ、私、気になっていますが、別置き試験体の取扱いでございます。No.8ですか、すみません。

No.8で菊地先生の資料の27ページにも記載がございまして、一般建築では別置き試験体の代わりに、装置メーカーに管理を依頼することが多いというふうな記述もございますが、原子力にそういった装置を適用した場合の管理の可能性といいますか、そういったところについてお考えあれば、ちょっとお伺いさせていただきたいと思うんですが、いかがでしょうか。

○菊地教授 すみません。もう一度共有します。

私が御紹介したこの写真は、全て一般建築ということを示しましたが、まずこのような免震層に別置き試験体を設置するスペースが十分あるかどうかということ、原子力施設のほうが規模が大きいですから、スペース的には問題がないかと思えます。

ただ、もしこれを理想的には実大試験体を置きたいところですが、その場合には私は申し上げたように、試験時もハンドリングが困難、要するにその実在の試験体を外に取り出して、試験施設のあるところまで運ぶということは、恐らく難しいであろうということで、この辺りを原子力発電所に設置する場合には十分検討していただいて、スペースと、あとハンドリングという、この2点です。これを検討していただいて、もしそれが可能であれば、実大がよろしいかと考えております。

以上です。

○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。

今こういったところを、例えばガイドの留意事項として記載しようとしたときに、どの程度記載しようかというところでちょっと悩ましいところではあるんですが、でも、いただいた御意見を参考にさせていただいて、そういったところを考えたいと思います。ありがとうございました。

○菊地教授 はい。ありがとうございました。

○山中委員 そのほかございますか。

どうぞ。

○猿田主任技術研究調査官 すみません。No.10なんですけれども、最後のところで古屋先生のほうから上下動の扱いが耐震で免震で違うんでという御指摘があるんですけれども、今日の先生の資料ですと、古屋先生の資料3ページ目かと思うんですけれど、このところで確認させてください。

水平方向の応答でロッキングが顕著になって、端部の積層ゴムが引張領域に入ると、また上部のロッキングがより長周期側にシフトするということを意識された御指摘という理解でよろしいでしょうか。

○古屋教授 電機大の古屋です。

今御説明していただいたことを想定して、長周期化という方向になるというふうに想定して、資料をまとめさせていただきました。

○猿田主任技術研究調査官 規制庁、猿田でございます。

分かりました。どうもありがとうございました。そういう方向で検討項目の中で考えていきたいと思います。

○山中委員 そのほかございますか。よろしいですか。いかがでしょう。

どうぞ。

○石渡委員 委員の石渡ですけども、今日はどうも大変貴重な議論していただいて、ありがとうございます。

菊地先生の資料の25ページとかで、ほかのページにもたくさん載っているんですが、けがき記録というのがございます。これというのは、つまり上下動がかなりある場合でも、きちんと取れるものかどうかというのが、一つちょっとお聞きしたいことと、それから、これやはり時刻歴といいますか、いつ、どこへ動いたかというのが分からないと、なかなか役に立つデータを得るのが難しいと思うんですけども、そういう工夫というのは何かされているんでしょうか。

例えばビデオで監視していれば、いつどっちへ動いたというのは大体分かるような気がしますし、あるいはタイムスタンプを打つという手もあるかもしれませんし、一応その辺もし可能でしたら、お答えをいただければと思います。

○菊地教授 菊地でございます。

今資料にてお示ししましたが、私の資料の24ページですが、この記録、まず最初の御質問、上下動ということに関しては、上に書かれたけがきの記録を拡大していますが、大きく変形したオービットの、この辺りというのは、これ線が途切れ途切れになっているのはお分かりになりますか。これは上下動の影響と言われています。建物全体がけがき針が上下に動いて浮上がったのか、局部的なのかどうか分かりませんが、上下動の影響で針が離れたり、接着したりということで書かれた記録となっております。ですから、上下動の記録はこういう形で記録された。こちらのこの装置、ここに紙を敷いて取られた記録なんです。それが1点です。

あと時間、要するにどういう順番でということが、このけがき針の欠点でして、それを苦労して調べたものがこちらの資料で、これは恐らく金属の板にけがいたものだと思うんですけども、どちらが先に通ったかということを見ながら調べられた、かなり苦労されたということを示したくて、ここに紹介した資料でございます。

ですから、このような苦労を避けるために、私が申し上げたいのは、地震計を設置すべきであろうと。地震計を設置すれば、けがき針の装置がなくても変位のオービットを再

現できるんです。ですから、直接紙や金属板に書いたオービットではなくても、同様の評価、あるいはそれ以上に詳細な評価ができるということで、地震計の設置をぜひお願いしたいと考えております。

以上です。

○石渡委員 どうもありがとうございました。

○山中委員 そのほか、いかがでしょうか。

○古屋教授 すみません、電機大の古屋です。

○山中委員 どうぞ。

○古屋教授 今のに関連してなんですが、参考情報なんですけど、けがき針の先端部分のところに、今ばねが入っているものがございまして、ですので上下方向の変形に対してもそのばねの復元力で追従するようなものができております。

それからあと、モニタリングという意味でいうと、免震層の周期が長くなった場合というのが、非常に地震計で計測するに当たって困難になるというのがあったわけですけども、それもかなりDCレベルのところから測れるものが整ってきておりますので、長周期というところでのモニタリングについても現実的には可能かなと。ですからこれもけがき針だけではなくて、センサ等併用することによって対応性も十分確保できますし、モニタリングというところではかなり有益になるんじゃないかなというふうに思います。

すみません。補足情報です。

○菊地教授 ありがとうございます。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

本日貴重な議論をさせていただけたと思います。時間もかなり超過をいたしまして申し訳ございません。

前回の検討会のときに先生方からいただいた論点、これに対する規制庁の対応と、本日改めて先生方からいただきました御意見等のすり合わせができたかどうか、あるいは議論すべき点がまだ残っているかどうかも含めて、事務局に今確認をしていただきたいと思います。

また、今後、論点に関して改めて会合を持つ必要があるかどうか、今後の進め方など含めて事務局から意見を頂戴したいと思います。いかがでしょう。

○川内安全技術管理官 規制庁の川内です。

本日はこちらから提案しました論点に対し、技術的な方針ですとか考え方、かなり重要

な面を提示いただいたと認識しています。

本日、本来であれば網羅的に議論したかったのですが、時間的都合でそこまで議論し切れなかった分も多少あるかと思うんですが、当方としましては今ガイド案を前回簡単ですがお示ししておりますので、本日いただいた御意見につきまして、例えば留意事項として反映したりですとか、そういったところがどのような対応が可能かというところをこちらで整理した上で、現時点ではそういった対応を考えていきたいと考えてございます。

そういったところを整理した上で、次回もしくは次の回にお示しして御確認いただくことで、具体的なこのやり取りの議論というのは、できれば本日でクローズしたいと思うのですが、そこはいかがでしょうか。

○山中委員 先生方、いかがでしょうか。進め方として。

○久田教授 久田です。

それで結構だと思います。

○菊地教授 菊地です。

おっしゃるとおりで結構です。

○古屋教授 古屋です。

おっしゃるとおりで結構です。

○山中委員 ありがとうございます。

加えて今後の進め方、今後の予定等について、事務局から何かございますか。

○川内安全技術管理官 御意見ありがとうございます。

本日の意見、先ほど言いましたように当方で整理したいと思っておりますが、本日議論した部分、あと資料には書いてあるんですが、議論し切れなかった部分は、必要に応じて整理した上で、こちらの考えというのを改めて示したいと思えます。

それで、次回は原子力事業者ですとか、免震装置のメーカー等に参加いただいて、御意見を聴取いただきたいというふうに考えております。そういった装置の特性ですとか、そういったところを踏まえた知見と併せて、本日いただいた議論を踏まえた上で、併せて整理した形で次の次、第4回目でトータルの整理を行って、このガイド案への反映と申しますか、こちらで留意すべき点というのをまとめていきたいと、そういうふうに考えてございます。

○山中委員 先生方、よろしゅうございますでしょうか。

○久田教授 久田です。

了解しました。

○山中委員 ありがとうございます。

それでは、今後そのような形で進めさせていただければというふうに思っております。

本日の検討会合はこれで終了させていただきたいと思います。

第2回の建物・構築物の免震構造に関する検討チームの会合、閉会させていただきたい
と思います。

本日は長時間にわたりまして、どうもありがとうございました。