

## 「建物・構築物の免震構造に関する検討チーム」の検討結果について

令和2年11月25日  
原子力規制庁

### 1. 経緯

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許可及び工事計画認可に係る審査を実施するためには、実用発電用原子炉施設に関する基準規則の解釈<sup>1</sup>(以下「現行解釈」という。)のうち免震構造に係る規定の改正及び建物・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。)の策定を行う必要がある。

このため、原子力規制庁において、現行解釈との整合性を考慮した上で審査ガイドに係る検討を進め、審査ガイドのドラフトを作成した。

令和元年12月4日の原子力規制委員会において、原子力規制庁は、審査ガイドのドラフトを示すとともに、その完成に向け「建物・構築物の免震構造に関する検討チーム」を設けて所要の検討を進めることを諮り了承を得た(参考を参照)。

### 2. 検討チームの取りまとめ

令和2年2月から10月にかけて計4回の検討チーム会合を開催し、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を行った。

検討チーム会合では、主な論点に係る検討に加え、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たうえで、本年11月9日<sup>2</sup>に別添資料のとおり「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」を取りまとめた。

#### 〈別添資料〉

別添 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

- 
- <sup>1</sup> 実用発電用原子炉施設に関する基準規則の解釈は以下を指す。
- ・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(原規技発第1306193号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定))
  - ・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(原規技発第1306194号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定))
- <sup>2</sup> 建物・構築物の免震構造に関する検討チーム 第4回会合での資料の修正について外部専門家の確認が得られた日。

### 3. 審査ガイド（ドラフト）の修正及び現行解釈の改正について

検討チームにおける検討結果を踏まえ、審査ガイド（ドラフト）の修正の方針案及びこれと関連する現行解釈の改正について以下に示す。

#### 3. 1 審査ガイド（ドラフト）の修正の方針案

検討チームでの議論及びその結果を踏まえ、審査ガイド（ドラフト）の修正の方針案を別紙に示す。

#### 3. 2 現行解釈の改正について

現行解釈の改正については、審査ガイド（ドラフト）の修正内容を踏まえたうえで、免震構造の設計方針等、耐震構造を対象とした現行解釈で規定されていない事項の追加及び免震構造に適用する基準地震動の策定等、現行解釈の記載の充実を検討する。

### 4. 今後の予定

上記3. の審査ガイド（ドラフト）の修正の方針案について原子力規制委員会の了承が得られれば、当該方針を踏まえた現行解釈の改正案及び審査ガイド案を作成し、令和3年2月頃を目途に改めて原子力規制委員会に諮ることとしたい。

## 検討チームの結果を踏まえた審査ガイド（ドラフト）の修正の方針

## (1) 免震構造の審査の考え方

審査ガイド（ドラフト）の概要	修正の必要性・理由	修正方針
<p>①対象構造物</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発電用原子炉施設のうちSクラスの設備の間接支持構造物である建屋を対象とする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・免震構造は、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る一方、免震装置の機能喪失が上部構造の機能に大きな影響を及ぼすおそれがある。</li> <li>・免震構造は、設計時の許容限界を超えた場合の鉛直荷重の支持機能の喪失までの余裕が耐震構造ほど大きくない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準地震動 <math>S_s</math> に対する耐震性が要求される施設において、機能を代替する設備が複数存在し、それらのうち一部の設備を間接支持する建屋を対象とする。</li> <li>・また、免震構造とすることのメリットが大きいと考えられる施設（例えば、耐震構造に比べ、作業員の居住性の向上が期待される緊急時対策所等）についても対象とする。</li> <li>・なお、重要な安全機能を担う設備を多数支持する原子炉建屋は対象としないものとする。</li> </ul>
<p>②設計方針</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・積層ゴムは、基準地震動による応答値が既往の研究等を参考に設定した許容限界未満であること。</li> <li>・履歴系ダンパーは、設計で期待している減衰性能を維持できる制限値を累積疲労損傷度や変位等により評価していること。</li> </ul> <p>【現行解釈 別記2 第4条第6項第一号 関連事項】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・積層ゴムは、ハードニングやボイド等の発生による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基準地震動に対して弾性範囲に留まる必要がある。</li> <li>・履歴系ダンパーは、装置の塑性化によって地震動を減衰することから、既往の地震経験や試験等の実績を踏まえ、累積疲労損傷度等により評価する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・積層ゴムは、基準地震動に対して弾性範囲を許容限界として設計する。ただし、試験等により妥当性が確認された許容限界も適用可能とする。この場合、地震後における積層ゴムの機能保持の確認を敏速に行い必要に応じて取替えを行う等、維持管理を的確に行う必要がある。</li> <li>・履歴系ダンパーは、累積疲労損傷度を評価指標として適用し、この評価指標における許容限界に対して十分な余裕を確保する設計とする。また、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まで変形が追随し、必要な減衰性能を有する設計とするとともに、地震発生後の維持管理により、履歴系ダンパーの減衰性能が維持されていることを確認する。</li> </ul>

(2) 免震構造の設計に用いる基準地震動

審査ガイド（ドラフト）の概要	修正の必要性・理由	修正方針
<p>①基準地震動の策定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国土交通省の技術的助言<sup>1</sup>を参考に、やや長周期（2秒程度以上10秒程度以下を対象）における敷地への影響に着目した地震の想定及び検討用地震の選定について検討が必要である。</li> <li>免震構造の固有周期がやや長周期であることを踏まえ、地震規模に対して十分な継続時間を有していることの確認が必要である。</li> </ul> <p>【現行解釈 別記2 第4条第5項第二号⑧ 関連事項】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国土交通省の技術的助言で設定している地震動は、比較的軟らかく厚い堆積層がある主に4つの地域（関東地方、静岡地方、中京地方、大阪地方）に立地する超高層建築物等における長周期地震動対策を対象としたものであり、このような地域に設置される原子力発電所において免震構造を採用する場合の対応を検討する必要がある。</li> <li>やや長周期の地震動の大きさ（スペクトル振幅）や主要動部分の継続時間等、地震動の評価における留意事項を明確にする必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国土交通省の技術的助言で検討している地域に立地する原子力発電所において免震構造を採用する場合は、国土交通省の技術的助言で設定している地震動に対する影響を確認する。</li> <li>やや長周期帯域の地震動レベル（スペクトル振幅）については、断層モデルを用いた手法による評価結果、地震ハザード評価における一様ハザードスペクトルに係る評価結果等を踏まえて適切に設定する。</li> <li>応答スペクトルに基づく地震動（模擬地震動）の算定に当たっては、継続時間の設定について、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果との比較により妥当性を検証する。</li> </ul>
<p>②地震動の組合せ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水平2方向及び鉛直方向の地震力による応力の組合せは、免震構造の特性を考慮し、適切な方法を用いる。</li> <li>時刻歴波を用いて、建屋の三次元応答解析を行う場合は、各方向の時刻歴での応答値を逐次重ね合わせる等の方法により、応答の同時性を考慮する。</li> </ul> <p>【現行解釈 別記2 第4条第7項 関連事項】</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>免震装置の設計においては、建屋の斜め方向に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よ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必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建物の平面直交主軸2方向に加え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方向及び鉛直方向地震動の入力による影響を確認する。</li> </ul>

<sup>1</sup> 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（技術的助言）（平成28年6月24日、国住指第1111号、国土交通省）

### (3) 免震構造の設計に関する基本事項

審査ガイド（ドラフト）の概要	修正の必要性・理由	修正方針
<p>①許容限界</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・免震装置の許容限界は、適切な方法等により設定する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・免震装置の許容限界は、品質の信頼性や一般建築物での実績等を踏まえ適切に設定する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般建築物で広く適用されている国土交通大臣認定の免震装置の許容限界を適用する。</li> <li>・ただし、試験等で妥当性が確認された許容限界も適用可能とする。この場合、地震後における積層ゴムの機能保持の確認を敏速に行い必要に応じて取替えを行う等、維持管理を的確に行う必要がある。</li> </ul>
<p>②フェールセーフの取り扱い</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・フェールセーフ<sup>2</sup>機構を設置する場合、当該機構を設置することで、内包する機器設備や免震装置の機能に及ぼす影響を確認する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・審査ガイドは基準地震動に対する免震構造の成立性を確認するものであり、それを超える地震動を想定した検討を確認す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ことを明確にする必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準地震動に対する設計において、免震装置に加えて鉛直荷重の支持機能を担保する装置等（フェールセーフ機構）を設置する必要はないこととする。</li> <li>・なお、安全性のより一層の向上等の観点から、鉛直荷重の支持機能を担保する装置等を設置する場合には、その設置による内包する設備等への影響を確認する。</li> </ul>

<sup>2</sup> 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て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する。

#### (4) 免震装置の品質管理・維持管理

審査ガイド（ドラフト）の概要	修正の必要性・理由	修正方針
<p>①別置き試験体の設置</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・実際に設置されている免震装置での計測が容易に行えないことから同種の免震装置を別置き試験体として用意するなど、維持管理について検討する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・一般建築物における免震構造の採用実績や地震経験等を通じ、免震構造の信頼性が向上してきたこと、工場における別置き試験体を用いた管理が普及していること等を踏まえて原子炉施設での維持管理の方法を検討する必要がある。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>・免震装置（主に積層ゴム）の別置き試験体の設置については、別置き試験体による維持管理に代わる適切な手段等（工場での別置き試験体管理、加振等による振動特性評価等）による維持管理のしくみが一般産業分野において既に確立され普及していることから、原子炉施設において免震構造の建屋を採用する場合においても要求しないこととする。</li></ul>