

## 第78回耐震設計分科会 議事録

1. 開催日時 : 令和2年2月25日(火) 13:30~17:50

2. 開催場所 : 一般社団法人 日本電気協会 4階 C, D会議室

3. 出席者 (順不同, 敬称略)

□出席委員: 久保分科会長(東京大学名誉教授), 白井幹事(原子力エネルギー協議会), 山崎<sup>(産)</sup>副幹事(原子力安全推進協会), 古屋(東京電機大学), 山口(東京大学), 北山(首都大学東京), 奈良林(東京工業大学), 谷(東京海洋大学), 佃(産業技術総合研究所), 中村<sup>(産)</sup>(防災科学技術研究所), 酒井(電力中央研究所), 羽田野(東芝エネルギーシステムズ), 伊神(三菱重工業), 猪(富士電機), 圓(大林組), 宇賀田(大成建設), 大橋(清水建設), 若松(竹中工務店), 藪内(鹿島建設), 室井(日本原子力発電), 中村<sup>(産)</sup>(原子力安全推進協会), 野尻(北海道電力), 堀江(東北電力), 小竹(北陸電力), 杉本(東京電力 HD), 岩森(関西電力), 橋本(中国電力), 高橋(四国電力), 稲富(九州電力), 綿引(東京電力 HD), 今村(東京電力 HD), 岩瀬(中部電力), 岩田(電源開発), 武井(電源開発) (34名)

□代理出席委員: 行徳(日立 GE ニュークリア・エンジニア), 飯島代理, 橋村(日本原子力研究開発機構, 林代理) (2名)

□欠席委員: 藤田副分科会長(東京電機大学), 青山(東京大学名誉教授), 安部(日本原子力学会), 楠原(名古屋工業大学), 中田(防災科学技術研究所), 原(東京理科大学名誉教授), 久田(工学院大学), 山崎<sup>(産)</sup>(首都大学東京名誉教授), 吉村(東京大学), 渡邊(埼玉大学) (10名)

□説明者: 原子力発電所の地震安全の原則関係: 高田<sup>(産)</sup>(東京大学), 糸井(東京大学), 高田<sup>(孝)</sup>(日本原子力研究開発機構), 藤本(神奈川大学)

総括検討会: 野元(関西電力)

土木構造物検討会: 大鳥(東京都市大学), 横田(関西電力), 松居(関西電力)

機器・構造物検討会: 樋口(東芝エネルギーシステムズ), 西野((東芝エネルギーシステムズ), 五島(三菱重工業), 吉賀(MHI/NS エンジニアリング)

津波検討会: 井村(東京電力 HD) (13名)

□オブザーバ: 山崎<sup>(宏)</sup>(原子力規制庁) (1名)

□事務局: 岸本, 小平, 大村 (日本電気協会) (3名)

## 4. 配付資料

資料 No.78-1 第77回 耐震設計分科会 議事録 (案)

資料 No.78-2 耐震設計分科会及び各検討会 委員名簿

資料 No.78-3-1 「地震安全の原則」の提案と具体化に向けて 趣旨説明

資料 No.78-3-2 地震安全の原則とその基本的考え方

資料 No.78-4-1 2020年度規格策定活動 (案)

資料 No.78-4-2 2020年度規格策定活動 (案) 比較表

資料 No.78-4-3 耐震設計分科会2020年度活動計画 (案)

- 資料 No.78-4-4 JEAC(G)46XX《仮称》「原子力発電所の地震後の施設評価に関する基準」  
策定計画の取り下げについて（案）
- 資料 No.78-5-1(1) 耐震設計分科会への中間報告（11/25）に対する意見及び対応方針  
（建物・構築物検討会分）
- 資料 No.78-5-1(2) 耐震設計分科会への中間報告（11/25）に対する意見及び対応方針  
（機器・配管系検討会分）
- 資料 No.78-5-2 原子力規格委員会への中間報告（12/25）に対する意見及び対応方針
- 資料 No.78-6-1 J E A C 4 6 0 1 規程項目の取扱いについて
- 資料 No.78-6-2 附属書（参考）4.1 機器・配管系の耐震強度評価法のうち、クラス 2，3 及びそ  
の他の容器，ポンプ，ファン類等の強度評価
- 資料 No.78-6-3 「附属書（参考）4.1」の評価式における水平 2 方向及び鉛直方向地震動の考慮に  
ついて
- 資料 No.78-7-1 「動的機器の地震時機能維持評価法」水平 2 方向及び鉛直方向地震動の考慮につ  
いて
- 資料 No.78-7-2 「動的機器の地震時機能維持評価法」「水平 2 方向及び鉛直方向地震動の考慮に  
ついて」補足資料
- 資料 No.78-8 弁の高加速度加振試験について
- 資料 No.78-9-1 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-202x 改定(案)改定前後比較表  
「第 1 章 基本事項」
- 資料 No.78-9-2 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-202x 改定(案)改定前後比較表  
「第 2 章 耐震重要度分類」
- 資料 No.78-9-3 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-202x 改定(案)改定前後比較表  
「第 3 章 建物・構築物の耐震設計」
- 資料 No.78-9-4 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-202x 改定(案)改定前後比較表  
「第 4 章 機器・配管系の耐震設計」
- 資料 No.78-9-5 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-202x 改定（案）  
「4.8.6 機器・配管系に粘性ダンパを用いた場合の機器・配管系設計法」及び  
「附属書 4.9 機器・配管系に粘性ダンパを用いた場合の機器・配管系設計法」
- 資料 No.78-10-1 原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-202x 改定（案）  
「附属書（参考）4.1 のうち，3.1 スカート支持たて置円筒容器」
- 資料 No.78-11-1 JEAC4629-20XX 書面投票における意見の反映について
- 資料 No.78-11-2 JEAC4629-20XX 原子力規格委員会書面投票ご意見に対する回答
- 資料 No.78-11-3 原子力発電所耐津波設計技術規程(JEAC4629-20XX) 改定案（関連箇所抜粋）
- 資料 No.78-12 JEAC・JEAG の区分（基準津波策定の取扱い）
- 資料 No.78-13 第 73 回原子力規格委員会議事録(案)
- 参考資料-1 JEAC4601-202x 改定案提出状況：機器・配管系検討会分

## 5. 議事

事務局から、本分科会において、私的独占の禁止及び公正取引の確保に関する法律及び諸外国の競争法に抵触する行為を行わないことを確認の後、議事が進められた。

### (1) 代理出席者承認、委員定足数確認、配布資料の確認等

事務局から配付資料の確認の後、代理出席者2名の紹介を行い、規約に従って分科会長の承認を得た。定足数確認時点で、委員総数46名に対し、代理出席者を含めて会議開催条件の「委員総数の2/3以上の出席(31名以上)」を満たしていることを確認した。また、事務局からオブザーバの紹介を行い、オブザーバの出席について分科会長の承認を得た。最後に、事務局から説明者13名の紹介を行った

### (2) 前回議事録の確認

事務局から資料 No.78-1 に基づき、前回議事録(案)を説明し、一部修正のうえ、挙手にて承認された。

- ・P6 6行目～13行目：削除する。
- ・P6 下から3行目～2行目：1文を削除する。

### (3) 委員の変更

#### 1) 分科会委員の変更

事務局から資料 No.78-2 に基づき、分科会委員の変更について紹介があった。3月30日開催の原子力規格委員会にて、新委員候補の委員就任が承認される見込み。

大鳥 新委員(東京都市大学)  
(退任)柴田 委員(東京大学 名誉教授)

#### 2) 検討会委員の承認

事務局から資料 No.78-2 に基づき、検討会委員の変更について紹介があり、挙手にて承認された。

##### 【総括検討会】

飯島 委員(日立 GE ニュークリア・エナジー) → 行徳 新委員候補(同左)

##### 【機器・配管系検討会】

宮崎 新委員候補(日本原子力研究開発機構)

##### 【火山検討会】

馬場 委員(東京電力 HD) → 谷口 新委員候補(同左)

川瀬 委員(北陸電力) → 藤井 新委員候補(同左)

### (4) 原子力発電所の地震安全の原則について

高田<sup>(殿)</sup>様、高田<sup>(孝)</sup>様、藤本様から、資料 No.78-3-1～3-2 に基づき、原子力発電所の地震安全の原則について説明があった。

主な説明は以下のとおり。

- ・日本地震工学会において、日本原子力学会と密接な連携をしながら、原子力発電所の地震安全の基本原則に関する研究委員会を、2016年4月1日~2019年3月31日の3年間活動し、報告書を発刊した。報告書は本日回覧している。

主な意見、コメントは以下のとおり。

- ・規制庁の適切な審査を受けて運転していても、裁判で運転停止仮処分が出されている。審査ガイドで決められている弾性域に基づく評価に対して、今回提示いただいた実耐力による評価を行うことが重要であり、司法により供用性が損なわれることがないようにする必要がある。
- ・福島第一の事故の教訓から、単に構造強度の評価だけでなく、システムとしてプラントの弱点を見つけられるようにしておかなくてはいけない。津波の基準が作られ、カバーできていると思うが、サポート系、空気と水と電気の供給を懸念する。最終的にはPRAで評価されるべきであるが、そうした知見を取り込んで、より安全性を高める耐震設計が必要だと思う。

- ・2点コメントする。1点目として、内部事象に比べて外部事象に対しては、設計が甘いのではないか、深層防護が不十分ではないかという指摘にすっきり応えられるような議論を深めていただきたい。2点目として、地震安全原則の前に原子力安全の基本原則という検討を行っていて、それに地震安全の原則が続いた。本報告書の主旨・目的は、「地震」を他の言葉に置き換えるとそのまま読める内容になっている。原子力安全目標が、一般の社会的な安全目標と切り離されて、原子力安全目標だけで議論されていると、社会全体のリスクとのバランスの観点で判断が難しくなる。この報告書は、もっと大きな捉え方が出来ているものだと思う。地震に限らず、外的事象、場合によっては人的事象にも適用できる共通の考え方もかもしれない。地震という視点だけではなくて、より広い視点で発信していただきたい。いろいろな場で活用していただきたい。

→活動は終わったが、これをベースにいろいろなところに発信していく。今後は規制庁にも説明に行こうかと思う。より広い視野で、外的事象全般で、やっていけると良いと考えている。

- ・特に大事なのが、P20、21の体系をまとめた部分である。火山検討会も、フラジリティ、ハザードの検討をこれから行うが、フラジリティやハザードについては、本分科会が貢献するところに期待しているところも多いと思う。どういう風に期待されているかを説明いただければと思う。
- ハザードであるが、耐震設計技術規程では基準地震動の策定は規程の外で、それはギブンで設計するという建付けである。基準地震動の決め方、あるいは、供用性地震動の決め方は耐震設計の一部だと考えており、Ssは設計者が決めるべきものとする。その点からも、この原則を使っていただきたい。フラジリティに関しては、個々のフラジリティだけではなく、システム全体としてどういう性能を確保したいのかを見た上で、PRAの手法を使い、得られた知見をうまく活用することが必要と考える。規制庁との審査対応にもPRAが効果的に活用できるような筋道も作っていききたい。

- ・原子力施設は比較的線形領域であるが、放射性物質を大量に外へ出さない最後の防護段階で、適用できる情報は少ないと考える。変形をもう少し前面に出すような設計体系があるべきではない

かというのが、個人的な意見である。

→変形も一つのパラメーターであるが、加速度を重要視しているのは、変形はある部分の変形に帰着するが、加速度は非常に大まかで慣性力で壊れるのは、いろんな事象である。そちらで整理した方が、損傷を表現するのは汎用性があるという考えである。変形の観点は引き続き検討したい。

・使用継続性は、東日本大震災のように非常に再現期間の長い事象に対して、ものは損傷しても良いが、放射性物質を出さないというクライテリアだけを満たすようなことも、事業者としては提案できるのではないか。500年に1回、1000年に1回、1万年に1回起こる地震に対して、施設を継続使用する必要はなく、少なくとも最終的なバリアとすれば良いという設計思想は事業者側として出てくると思う。

→供用性も2種類用意している。損傷をしないということと、少し小さいくらいの地震が来ても炉を止めなくても良いという事業継続みたいなものを考えている。安全性を確保するだけの耐震設計ではないという認識を持っていただけると良いと思う。

#### (5) 2020年度規格策定活動の活動計画について

野元様から、資料 No.78-4-1～4-4 に基づき、2020年度活動計画について説明があった。

主な説明は以下のとおり。

・資料 4-4：特記事項として、JEAC(G)46XX 「原子力発電所の地震後の施設評価に関する基準」策定計画の取下げの説明があった。

○審議の結果、3月30日開催予定の第74回原子力規格委員会に提案することとなった。

主な意見、コメントは以下のとおり。

・資料 No.78-4-2 P3 4-5-2 中長期的な検討の(a)確率論的評価手法を活用した設計手法があるが、自然現象は不確実さがあって、Ssを上回るような地震が起こることも考慮して、合理的な安全性を向上すると書いてあるが、地震安全原則の紹介であったとおり、システム評価を行って、個々の弱点や過剰となっているものがないか等を評価する旨、追記する方が良いと考える。

→文案を考慮いただきたい。

・資料 No.78-4-2 P3(a)に文言を追加し、白井幹事から資料取り纏めの野元様に連絡し、結果を分科会3役で確認する。

○前項の条件にて、資料を規格委員会へ提案することについて、挙手にて決議し、承認された。

#### (6) JEAC4601/JEAG4601「原子力発電所耐震設計技術規程／指針」改定案について

藪内委員、行徳委員代理から、資料 No.78-5-1～10-1 に基づき、耐震設計技術規程改定案の耐震設計分科会への中間報告(11/25)に対する意見及び対応案について説明があった。

##### 1) 第3章 建物・構築物の耐震設計の変更について(建物・構築物検討会)

主な説明は以下のとおり。

- ・資料 No.78-5-1(1)：コメント 2 件，一部，規格の具体的な文案については検討会で精査中。
- ・資料 No.78-9-3：新旧比較表。ほとんどは表現の適正化。それ以外は P9 地震力の算定解説，P35 3次元 FEM モデル，P45 地盤ばね，P95 地盤ばねモデル，P101 二重構造に対する評価方法の記載の明確化，P103 回転ばねを入れる場合の注意事項。P104 切欠き力の取扱いの追記。

主な意見，コメントは以下のとおり。

- ・コメント対応については，了解されている。
  - ・P104 は精査中で，未定稿として良いか。
- 主旨は変わらないが，コメントはいただきたい。
- ・「スミルト」は，トランザクションか，プロシーディングか，参考文献中でばらついている。確認されたい。

## 2) 中間報告ご意見への対応（機器・配管系検討会）

主な説明は以下のとおり。

- ・資料 No.78-5-1-1(2)は分科会での意見への対応方針，コメント 21 件。記載の適正化に関するコメントを除いて，1 件ずつ説明。同資料には説明資料を添付している。
- ・資料 No.78-5-2：12 月 25 日規格委員会中間報告に対する意見への対応方針，コメント 10 件。コメント No.3，4，8 への対応を説明。

主な意見，コメントは以下のとおり。

- ・ラックの減衰定数で，通常は最初，解析で応答値を求めて減衰値を求める。表に一とあり，注意書きで試験結果に基づき設定とされている。応答解析値は必ず実験より大きく出るよう設定されていて，応答解析値を実験値にすると，非安全側の減衰値を与えるため注意が必要なことを本文に入れるべきである。
  - ・弁の動的機能維持であるが，フォルトツリーを作り，机上検討を行った上で実験して検証するという形で At を定めてきている。地震は交番荷重で，解析で求めた応力値を超えても実際にはもつ場合が多い。設計はある許容値内に収めることが条件で，モーター駆動部は強いはずなので，それを解説に入れる。At1 は試験で確認すれば良いのか，フォルトツリー的に確認されているスタンスか，はっきりしない。
- 減衰定数は仮の値を設定して，応答解析をして，値が試験で得られたプロットの内側に入っていることを確認する仕組みを考えている。本文にどこまで書くかは検討したい。
- 弁の動的機能維持評価法であるが，異常要因分析をしてどこが厳しいか検討している。

- ・これは，原子力安全の原則を厳格に JEAC に入れようとする時に含まれる問題になる。つまり，いろいろな部分に，言葉として過激であるが，設計者がそれぞれ勝手な安全性を含めて応答値を算出し，設計許容値より小さいからよいとする訳だが，それは地震安全の原則の思想から外れてしまうという問題が含まれている。

→これは燃料貯蔵ラックの頂部の応答の変位に応じて，段階的に減衰定数を変えている。最初にあ

る減衰量を仮定して iteration をやって、収束計算をしているので、一般的な減衰定数の決め方とは違う手法を採っている。

→この減衰定数の設定方法の是非を問うているのではなく、原子力安全の原則を JEAC に入れる時、困るのではないかという点の一つの代表と思う。今のような考え方は、原子力安全の原則の中のロジックに合うか。かなり変えなくてはいけないとの認識を持った。本件、先の話であり、本発言を記録されたい。

### 3) JEAC4601 規程項目の取扱いについて（機器・配管系検討会）

主な説明は以下のとおり。

- ・資料 No.78-6-1, 2, 3 : 附属書 4.3 で、水平 2 方向及び鉛直方向の地震動に組合せの計算式を追加すると、複雑な構成となるため、当該部分を附属書（参考）として切り分けることを提案する。

主な意見、コメントは以下のとおり。

- ・資料 No.78-6-1 P2 2.3 反対意見の①に示されているが、規程から指針に位置付けを変更しても良いか。

→指針にすべきものを指針にすることは問題ない。

- ・水平 2 方向は規制基準でも求められているが、評価式はそのままではなく、十分な議論をして改定しなくてはいけない。附属書（参考）とはどういう位置付けか。

→規格作成の手引きの中では、要求事項については附属書（規定）、参考情報は附属書（参考）で記載しても良いとの記載がある。

→技術評価対象でなく参考資料であり、設計者が参考にして、自分の責任で設計行為を進めるとの位置付けとなる。

- ・2015 版作成時、水平 2 方向と鉛直方向の地震力の組合せは、建物・構築物において隅柱のように影響を適切に考慮するということであった。202x 版改定検討において、機器も水平 2 方向と鉛直方向の適切な組合せを考えることにした。2015 版の式では適切に考慮できておらず、水平 2 方向と鉛直方向の地震力の適切な組合せによる影響を確認できていない。参考に入れるのもおかしい。

→水平 2 方向と鉛直方向の地震力の組合せを考慮する計算式はできたばかりである。なんらかの設計情報、参考情報として設計者に提供することも 202x 改訂版の目的であり、附属書（参考）として取りまとめたものである。

- ・資料 No.78-6-3 P3 の表 2-1 に示す組合せ方法が、附属書（参考）で提供する組合せ方法を示したものではあるが、他の組合せ方法を排除しているわけではない。

- ・附属書 4.3 は残し、附属書 4.3 の一部を附属書（参考）4.1 にするのか。

→機器・配管系検討会の提案としては、追加する計算式の使用実績も少ないので、附属書 4.3 は残しつつ、計算式の記載部分を附属書（参考）に移したい。

- ・本件、機器・配管系検討会の提案のとおり進めて、5 月予定の耐震設計分科会で内容を紹介いただ

く。

- ・電気事業者の意見を募るべきということで、アンケートは準備されているか。
- 意見募集の準備中である。

#### 4) 動的機能維持評価法 水平2方向及び鉛直方向の地震力の考慮について (機器・配管系検討会)

主な説明は以下のとおり。

- ・資料 No.78-7-1：動的機能維持評価法において、水平2方向及び鉛直方向の地震力を考慮した場合の影響を整理したもの。記載の方向で良いか、検討願いたい。

主な意見、コメントは以下のとおり。

- ・建物・構築物検討会でも水平2方向の話があったが、それと不整合はないか。
- 不整合はない。
- ・本件はどのように扱えば良いか。
- 検討の方向を了解いただきたい。
- ・了解する。次回耐震設計分科会で委員会上程資料提案時に検討する。

#### 5) 弁の加速度加振試験結果 (機器・配管系検討会)

主な説明は以下のとおり。

- ・資料 No.78-8：弁の高加速度加振試験結果をまとめており、持ち帰り確認いただきたい。
- ・資料 No.78-9 のシリーズは、資料の改定箇所であり、確認いただきたい。

主な意見、コメントは以下のとおり。

- ・試験はいつからやられたか。
- 2015年から昨年度まで、電中研で実施した。
- 試験成果については参考資料に纏めることとなるが、得られた成果を弁の地震時機能維持評価法に反映し改定する。
- ・試験成果は第三者の目を通っているか。
- 試験成果は論文発表しており通っている。
- ・第三者の目を通った資料から構成されていることを、回答できるようにしていただきたい。
- 拝承。

#### (7) JEAG4629「原子力発電所耐津波設計技術規程」改定案について

井村様から、資料 No.78-11-1～11-3 に基づき、耐津波技術規程の改定案について説明があった。

主な説明は以下のとおり。

- ・原子力規格委員会書面投票の結果、可決。ただし、保留票及び意見付き賛成票があったことを考慮して、反映が望ましいと判断した意見は反映する。
- ・コメント対応は資料 No.78-11-2 のとおり。対応の結果、保留意見は取り下げられている。

- ・コメント No.5(2)：数式及び数式の適用範囲について，原著者に確認中。
- ・コメント No.5(3)：JEAC の誤記； $h \cos \theta \rightarrow h \cot \theta$ 。資料 No.78-11-1 添付資料 1 のとおり，活用上問題がない誤記と判断。今回の改定において，修正を実施する。
- ・意見者の修正案了承後，分科会長確認，原子力規格委員会 3 役確認の後，公衆審査に進む。

主な意見，コメントは以下のとおり。

- ・本件は報告事項とし，コメント者から全員了承の回答をいただいた後，分科会長に承認いただく形で進めたい。

○特に異議がなく，提案の方向で進めることとなった。

## (8) 基準津波の取扱いについて

岩森委員から，資料 No.78-12 に基づき，基準津波の取扱いについて，土木構造物検討会からの提案について，説明があった。

主な説明は以下のとおり。

- ・JEAG4629 は基準津波を与条件として，津波に対する防護手法を定める規程として策定された。
- ・土木構造物検討会からケース 2 を提案。①ケース 1：基準津波策定を現状通り JEAG4601 に記載する。②ケース 2：JEAG4629 を策定して移動する。③ケース 3：JEAC4629 に移動する。

○検討の結果，ケース 2 で進めることとなった。

主な意見，コメントは以下のとおり。

- ・基準地震動と同様，基準津波をコードに記載するのはなじまない。
- ・特に異議がなく，ケース 2 で進めることとなった。
- ・ケース 2 は JEAC，JEAG と形式上 2 分冊であるが，1 冊でも可能と考える。

## (9) その他

### 1) ISO 関係確認作業について

事務局から ISO 関係の状況について，紹介があった。

- ・1 月に，ドイツが起草国となって，耐震設計に関する ISO が提案された。日本の対応について，電気協会に依頼があり，耐震設計分科会で検討することとなった。ISO の構成は，総則から機器配管，建物構築物等，広い範囲にわたっている。
- ・関連検討会の幹事に ISO が基準となった場合，JEAC/JEAG に対して悪影響がない時は特に反対しない。ただし，積極的に委員を送り込むことはしない。この 2 つの判断をいただいている。
- ・各検討会の意見は分科会長，幹事，副幹事でまとめて，回答することとする。

○最終回答を分科会長に一任することについて，挙手にて決議し，承認された。

## 2) 次回分科会

- ・日時：5月12日(火) 13:30～17:30
- ・議題：JEAC改定の最終審議

以 上