

第 70 回機器・配管系検討会 議事録

1.日時 令和元年 5 月 23 日 (木) 13:30~17:00

2.場所 日本電気協会 4 階 C 会議室

3.出席者 (順不同, 敬称略)

出席委員: 中村主査(防災科学技術研究所), 古屋副主査(東京電機大学),
山崎幹事(原子力安全推進協会), 行徳副幹事(日立 GE ニュークリア・エンジニア),
原(東京理科大学名誉教授), 上屋(日本原子力発電), 南保(北海道電力),
秋葉 (東北電力), 波木井(東京電力 HD), 鈴木(中部電力),
松田(北陸電力), 小江(原子力エンジニアリング), 堀内(四国電力),
山下(九州電力), 大口(電源開発), 樋口(東芝エネルギーシステムズ),
吉賀(MHI・NS エンジニアリング), 菊地(富士電機), 野元(関西電力),
谷口(原子燃料工業) (計 20 名)

代理出席: 松浦(電力中央研究所, 齋藤代理) (計 1 名)

オブザーバ: 白井(原子力エネルギー協議会), 松岡(三菱重工業), 原田(三菱重工業),
岡藤(三菱重工業), 網野(MHI・NS エンジニアリング), 藤原(三菱原子燃料),
三宅(東芝エネルギー・システムズ) (計 7 名)

欠席委員: 渡邊副主査(埼玉大学), 藤田(東京電機大学), 田村(中国電力) (計 3 名)

事務局: 岸本, 大村 (日本電気協会) (計 2 名)

4.配付資料

資料 70-1 第 69 回 機器・配管系検討会 議事録 (案)

資料 70-2-1 JEAC4601-202x 改定 [検討項目・工程] (案)

資料 70-2-2(1) 燃料被覆管の地震時閉じ込め機能評価に関する基準の追加(No.1) (改定案)

資料 70-2-2(2) 燃料被覆管の地震時閉じ込め機能評価に関する基準の追加(No.1) (説明資料)

資料 70-2-3(1) クラス MC 容器の FEM 解析による座屈評価法の追加(No.3) (改定案)

資料 70-2-3(2) クラス MC 容器の FEM 解析による座屈評価法の追加(No.3) (説明資料)

資料 70-2-4(1) クラス 2, 3 容器の座屈評価における許容値の明確化(No.4) (改定案)

資料 70-2-4(2) クラス 2, 3 容器の座屈評価における許容値の明確化(No.4) (説明資料)

資料 70-2-5(1) あと施工アンカー部における低減係数規定の適正化(No.6) (改定案)

資料 70-2-5(2) あと施工アンカー部における低減係数規定の適正化(No.6) (説明資料)

資料 70-2-6(1) 時刻歴解析において考慮する不確かさの扱いの追加(No.8) (改定案)

資料 70-2-6(2) 時刻歴解析において考慮する不確かさの扱いの追加(No.8) (説明資料)

5.議事

事務局から, 本検討会にて私的独占の禁止並びに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) 代理出席者の承認及び定足数の確認等

事務局から配付資料の確認があった。次に事務局から代理出席者 1 名が紹介され, 規約に基づき主査の承認を得た。出席者は代理出席者を含め 21 名で, 委員総数 24 名に対し決議に必要な「委員総数の 3 分の 2 以上の出席(16 名以上)」を満たしていることを確認した。また, オブザーバ 7 名が紹介され, 主査の承認を得た。

(2) 前回議事録の確認等

事務局から資料 70-1 に基づき、前回議事録（案）の紹介があり、一部修正のうえ、挙手にて承認された。

- ・ P2 12 行目 (4) 【審議】 → 削除する。
- ・ P3 10 行目 (4)1) 2.7 倍が 2 倍に～明確に書いていただきたい。 → 削除する。
- ・ P3 17 行目 (4)1) 大きな塑性まで (?) → 大きな塑性率まで
- ・ P5 21 行目 (4)2) 新しい地震～なる。 → 新しい地震動を受けて、改めて検討した。
- ・ P5 22 行目 (4)2) いろいろなところ減衰を採った→いろいろなところで減衰を採る
- ・ P7 10 行目 (4)6) 混乱する, →混乱する。
- ・ P7 12 行目 (4)6) 検討いただきたい。→検討する。
- ・ P7 13, 14 行目 (4)7) 挿入性能→挿入性

(3) JEAC4601-2015 原子力発電所耐震設計技術規程の改定について

行徳副幹事から資料 70-2-1 に基づき、JEAC4601 改定項目のうち、赤枠部分 (No.1, 3, 4, 6, 8) について、本日検討する旨紹介があった。

- ・ 6 月の検討会までで一通り説明し、それを受けて、改定項目・方針を整理して、分科会へ報告する。その後、中間報告で具体的な改定内容を提案する。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・ 審議を尽くすことが大切である。分科会報告する際に、十分な審議ができていない場合はその旨を報告し、工程に縛られず十分な審議をいただきたい。

1) 燃料被覆管の地震時閉じ込め機能評価に関する基準の追加(No.1)

松岡オブザーバから資料 70-2-2(1), (2)に基づき、燃料被覆管の地震時閉じ込め機能評価に関する追加について、説明があった。

検討の結果、以下にて進めることとなった。

- ①変更前後の変更箇所の表示方法の適正化（全項目共通）
- ②冷却性と閉じ込め機能の要求に関する解説の見直し

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・ 変更前後表の JEAC4601-2015 欄に赤で取消線がある意味は何か。
→202x 年版欄で変更される場所は 2015 年欄も赤字にしている。202X 年版で消去する部分について、2015 年版欄に取消線を付けると元々取り消されていたように誤解されるので、取消線は付けないこととする。(全項目共通)
- 今後、右側の部分はコメント等により変更されていくため、色を変えて表示する。右側に赤、それを変えると青と色を混在させることとなる。(全項目共通)
- ・ P4/7 崩壊熱除去可能な形状の維持と、P6/7 閉じ込めの機能が同じように見える。
→崩壊熱除去可能な形状の維持としての被覆管の評価では、一次応力の評価を求められて

いる。閉じ込め機能では、疲労等を含めて要求されている。

- ・被覆管の閉じ込めは、冷却性より厳しい条件を加えなければならない。崩壊熱除去は、許容基準として緩和されていても良いかと考える。
 - ・プラント工認では炉心の観点で燃料を見ている。設工認では燃料体の設計という観点で燃料を見ている。設工認の部分を取込むのであれば、取込み方を考えた方が良い。
- 改めて整理して、分科会に上げられるようにしたい。
- 冷却性は炉心支持構造物によって維持されていればよく、それに加えて被覆管の評価を行う場合の許容基準を解説に記載している。閉じ込め機能の要求はバウンダリーの機能維持ができればよいが、被覆管を評価するならば、という観点で、被覆管に対する規制要求を反映した。冷却性と閉じ込め機能の許容基準の違いは、参照元の規定が異なっていることによる。JEAC では、被覆管に対してプラクティスを優先して、要求をそのまま並べる形で整理した。
- ・この整理した内容がわかるようにすること。
 - ・P6/7(5)の冷却性の許容基準について、保守的な制限として供用状態 Cs と供用状態 Ds の許容応力として同じものを適用するとしているが、これを残したままで、(6)の閉じ込めの許容基準として「基準地震動 S_s に対して S_u 、弾性設計用地震動 S_d に対して S_y 」を使うことを規定すると、上と下で書いていることが矛盾するのではないか。
- 閉じ込め機能のところで同等の記載を残すという案もあった。
- 冷却性の許容基準については、原子炉安全基準専門部会報告書を引用しており、この報告書に現状の基準が保守的な設定である旨の記載があるかどうかを確認する。P6/7 の閉じ込めの許容基準についても規制基準を書くことにする。JEAC でなく、他で決められたものを引用することがわかるようにする。

2) クラス MC 容器の FEM 解析による座屈評価法の追加 (No.3)

原田オブザーバから資料 70-2-3(1), (2)に基づき、クラス MC 容器の FEM 解析による座屈評価法の追加について、説明があった。

検討の結果、以下にて進めることとなった。

- ①初期不整量，材料物性の設定などの裕度の担保に影響する解析条件について追記する。
- ②上記に加え，使用するプログラムや解析手法の適用性確認の考え方について追記する。
- ③資料 70-2-3(1)の P コード 4.2.29 「下回る」は「以下とする」と修正する。

主なご意見，コメントは以下のとおり。

- ・資料 70-2-3(2)の P14 で，最大初期不整量をせん断座屈モードの最大変位点に設定するとある。最大初期不整量はどのように決めるのか。
- 製作時の公差を用いるなど，評価目的に応じて設定することが考えられる。
- 最大初期不整量について「適切に考慮する」とあるが，設計段階であれば製作公差などを考慮するか，もしくは実機評価の場合では実測値を用いて設定する方法がある。結果が保守性を有する設定となる様，参考資料または解説などで規定すべきと考える。
- ・資料 70-2-3(1)の P コード 4.2.29 で「座屈荷重を下回る」という表現が適切か検討して

ほしい。

→評価式では「1以下」であるため、「以下」と修正する。

- ・材料物性における2次勾配は設計者の裁量で決めることができるので、配慮する必要がある。
- ・どのようなプログラムを使用するかも解析結果に影響するので、そのあたりも配慮する必要がある。
- ・FEM解析が普及してきているので、新しい知見を取り入れることは必要であるが、解析すれば精度は問わず答えが出てくるので、保守性の担保をもう少し規定する必要がある。JEAC4601に取り入れる時に保守性の担保について何に注意すべきかを明確にさせていただきたい。
- ・今後論文発表される際は、安全がどの時点で担保されて、規格に取り入れるのが妥当であることが分かるような論文にさせていただきたい。
- ・資料70-2-3(2)のP8座屈評価フローで、「下回る」の表現が適切かを検討してほしい。座屈荷重の計算において保守性が確保されていれば「以下」でも良いと考えるが、この照査で安全性を確保できることを分かるようにしておくべき。
- ・電中研で作成したFBR炉容器のFEM座屈解析法のガイドラインでは、弾塑性解析をする場合、使用する解析コードを指定できないので、実験の結果とモデル形状と材料特性、測定結果データの一切をガイドに載せて、使用するコードで解析・比較して検証した後、評価に適用する規定とした。解析における留意事項（初期不整のモード依存性、材料モデルの設定、要素分割など）を細かく記載しているので参考にされたい。完全に保守性を担保するのは難しいとの考えから、座屈強度を超えることがあっても、発散しないとの検討を行っている。また初期不整量を製作許容差で設定すると、過度に保守側になることを確認している。
- ・電中研の指針も参考に、検討いただきたい。

→拝承。いただいたご意見を踏まえ、附属書の記載内容を充実していく。

3) クラス2, 3容器の座屈評価における許容値の明確化(No.4)

松岡オブザーバから資料70-2-4(1), (2)に基づき、クラス2, 3容器の座屈評価における許容値の明確化について、説明があった。

検討の結果、以下にて進めることとなった。

- ① 資料70-2-4(1)P1/9【a~c省略】の部分を省略しないようにする。
- ② P5/9の読み替えの記載について、他の規定と矛盾のない案に修正する。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・クラス1とクラス2, 3は、元々は、**design by analysis**と**design by rule**という考え方があり。クラス1に対しては十分に品質管理されたものであり、またFEM解析等の詳細解析に基づく設計をしているので、供用状態Dsでは1.2倍にして実材料のもつ余裕を吐き出しても良いとしたが、その考え方がクラス2, 3にはないと思われるので、通常、2割の余裕を見るとなっていたのではないか。ここにはそれらの議論が抜けている。

→元々、 f^* は、クラス 2, 3 支持構造物であってもすでに一次応力において適用しており、 S_y の 1.2 倍は適用可能である。

- ・支持構造物の座屈に直接関係する荷重の算定の仕方が design by analysis と design by rule で違うかということと、荷重が全く同じで、同じ材料、同じ品質であれば、同じような余裕だから担保できるということであれば理解できる。説明には抜けている。
- ・クラス 2, 3 の容器の今までの規定では、 f^* が一次応力に適用されてきた。座屈評価がその範疇に含まれるかが明確でなかったため、 f^* が適用できるかどうかを明確にする。そうすると、他の一次応力も f^* が適用できるかどうか論点である。

→資料 70-2-4(2)で、座屈評価であっても適用可能との考え方を述べている。

- ・根拠がどういうところにあるかを明確にし、その上で、論理的に説明すべきと考える。将来的に、根拠なく余裕を削ったと思われぬようにしておく必要がある。
- ・資料 70-2-4(2)で、タイトルが、「クラス 2, 3 の定義の～」とあるが、支持構造物、一次応力等の記載があり、口頭で説明された内容が資料では読み難いので、整理していただきたい。

→拝承。

- ・資料 70-2-4(1)で、表 4.2. 3.1-3 のところの注(1)で、供用状態 D_s の F の説明が抜けている。表に F が出てこないの分からない。書き方等を検討いただきたい。

→クラス 2, 3 容器の上の方に出てくる。前のページに F 値が説明されている。【a~c 省略】の部分に F 値の記載があるので、a~c を省略しないようにする。

- ・P5/9 で、クラス 3 及びその他の支持構造物においても $S_y(RT)$ を $1.2S_y(RT)$ と読み替えているが、P7/9 の F 値の規定の表では、クラス 3 及びその他の支持構造物は S_y だけを 1.2 倍にし、 $S_y(RT)$ を 1.2 倍にしていけないので、読み替えは適用できないのではないか。

→元々、クラス 3 支持構造物の規定が無くて、2008 年版か 2015 年版で表が追加された。

【クラス 1, MC, 2 支持構造物】と【クラス 3, その他の支持構造物】で、オーステナイト系ステンレス鋼では $S_y(RT)$ に 1.2 を掛けるかどうかの違いで区切っているのが P7/9 の F 値の規定の表である。JSME 側は、クラス 3 支持構造物の供用状態 C, D の扱いの記載がなく、その他の支持構造物に対して 1.2 倍を用いないと明記されている。

→クラス 3 支持構造物についても品質管理等は変わらないとの観点で、 $S_y(RT)$ を 1.2 倍する形の案とした。

→ F 値の規定の表の通り、『クラス 3, その他の支持構造物』のオーステナイト系ステンレス鋼の $S_y(RT)$ に 1.2 は現時点では難しい。

- ・他の規定と矛盾のない案に修正願いたい。

→拝承

4) あと施工アンカー部における低減係数の規定の適正化(No.6)

三宅オブザーバから資料 70-2-5(1), (2)に基づき、あと施工アンカー部における低減係数の規定の適正化について、説明があった。

検討の結果、以下にて進めることとなった。

- ①接着系アンカーボルトについて、付着力の評価で施工のばらつきを考慮した低減係数を

設定しないことについて、その理由を記載する。

- ②建築設備耐震設計指針の最新版や熊本地震の知見等で反映が必要な最新知見がないか確認する。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・資料 70-2-5(2)P2 で、施工時に回転以外を行うとばらつきが生じるとも読み取れる。
→接着系アンカーの施工方法は、コンクリートにドリルで穴をあけて内部を清掃し、樹脂カプセルを入れた後にドリルでボルトを回転させて樹脂を攪拌させるものであり、施工時のばらつきは考えられない。
- ・考え方の裏付けとなるデータや根拠を準備し、しっかり説明できるようにした方が良い。

- ・今回の改訂で接着系アンカーボルトの付着力の評価を追加しているが、付着力の評価において施工のばらつきを考慮した低減係数を設定する必要はないか
→各種合成構造設計指針（2010年版）の解説において、接着系アンカーボルトの引張耐力はアンカーボルトの降伏により決まる耐力と付着力により決まる耐力で評価することが記載されている。これは、コンクリートのコーン状破壊の耐力評価式よりも付着力の耐力評価式の方が厳しくなるよう設定されているためであり、付着力の耐力評価式自体に安全裕度が含まれていることから、付着力の評価において施工のばらつきを考慮した低減係数は設定していない。
- ・付着力の評価で施工のばらつきを考慮した低減係数は設定しないことについては、その理由を記載頂きたい。

- ・各種合成構造設計指針は 2010 年版を参照しているとのことだが、熊本地震であると施工を含めてアンカーが破損している。建築設備耐震設計指針も見直されているので、これらの内容を調べ、反映すべき最新の知見がないか確認頂きたい。

5) 時刻歴解析において考慮する不確かさの扱いの追加(No.8)

行徳副幹事から資料 70-2-6(1), (2)に基づき、時刻歴解析において考慮する不確かさの扱いの追加について、説明があった。

検討の結果、以下にて進めることとなった。

- ①ASME の概要の記載については、削除することを検討する。
- ②本件の解説での記載の位置について検討する。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・ASME の具体的内容が説明されているが、参考資料として引用は可能か。
→引用の手続きをする必要がある。論文等も同様に行っている。転載許諾が必要である。
- ・概要の記載については、事務局と調整して、適切な処置をとるように願います。
→製本版では概略を削除しても良い。設計者が直接読みに行けば良い。検討する。
- ・参考資料はこれから作成する。今回は方針の確認である。

・ 拡幅とスペクトルと時刻歴の時間軸は、ASME 等で行われていて、大きな問題は生じないと思う。工学的知見を使って説明できれば良い。結論として、規程として良い。

→JEAC4601 の参考資料として掲載する際には、引用方法を検討する。

・ 資料 70-2-6(2)P3 で、ステップ 3 の評価部位の応答は、機器の固有周期部分の応答のイメージか。配管のように固有周期が多いものは、3 つで良いか。配管はやらないか。

→ 拡幅した応答スペクトルにフィッティングするような時刻歴を作る方が簡単かも知れない。

・ 単に、1 質点で模擬する機器であってもいろいろな固有周期を持っている。なかなか難しい問題である。何が安全側で何が非安全側か分からない。全周期帯で、最大となる倍率を安全係数とするようなやり方を考えておいた方が良いかも知れない。

→ 2.2 項の補正係数を用いる方法はそこまで明確にしていらないが、実績として一番厳しい補正係数を使って評価していることがあると理解している。

・ ASME はノンマンドトリーである。これをマンドトリーにしようとしている。

→ 本文には書けない。今のところは解説である。

・ 計算した応答スペクトルの力学的な意味が明確でないところがある。十分注意した方が良い。

・ 拡幅スペクトルは設計用の位置付けである。今のプラクティスを認めただうえで、それを代替する簡便な方法はないかとの考え方である。

・ 改定に入れる方向性は良いが、参考資料は十分審議したい。

・ 記載の位置として、(2)床応答スペクトルの中に時刻歴解析が入っている。

→ 4.4.3 項の解説で(3)と整理するのは問題ないと思う。今はなお書きとしている。

・ (2)のなお書きかとするか、(3)として分けるか、検討いただきたい。

(4) 次回検討会：6月18日（火）午後 A 会議室

以 上