

## 第 73 回機器・配管系検討会 議事録

1.日時 令和元年 9 月 27 日 (金) 13:30～17:20

2.場所 一般社団法人 日本電気協会 4 階 A 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),  
藤田(東京電機大学), 上屋(日本原子力発電), 南保(北海道電力),  
秋葉(東北電力), 小江(原子力エンジニアリング), 田村(中国電力), 村上(四国電力),  
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),  
野元(関西電力), 谷口(原子燃料工業), 齋藤(電力中央研究所) (計 17 名)

代理出席: 堤(中部電力, 鈴木代理), 辰尾(北陸電力, 松田代理),  
守谷(富士電機, 菊地代理) (計 3 名)

説明者: 久保田(日立 GE ニュークリア・エンジニア), 熊谷(日立 GE ニュークリア・エンジニア),  
網野(MHI NS エンジニアリング), 高山(MHI NS エンジニアリング),  
伊神(三菱重工業), 松岡(三菱重工業), 原田(三菱重工業),  
西野(東芝エネルギーシステムズ) (計 8 名)

欠席委員: 渡邊副主査(埼玉大学), 原(東京理科大学名誉教授), 波木井(東京電力 HD),  
山下(九州電力) (計 4 名)

事務局: 岸本, 大村(日本電気協会) (計 2 名)

4.配付資料

- 資料 73-1 第 72 回機器・配管系検討会 議事録 (案)
- 資料 73-2 機器・配管系検討会 委員名簿
- 資料 73-3-1 JEAC4601-202x 改定 [検討項目・工程] (案)
- 資料 73-3-2 地震動と組み合わせる自然現象の整理 (改定案)
- 資料 73-3-3(1) クラス MC 容器の FEM 解析による座屈評価法の追加 (改定案)
- 資料 73-3-3(2) クラス MC 容器の FEM 解析による座屈評価法の追加 (説明資料)
- 資料 73-3-3(3) クラス MC 容器の FEM 解析による座屈評価法の追加 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-4(1) クラス 2, 3 容器の座屈評価における許容値の明確化 (改定案)
- 資料 73-3-4(2) クラス 2, 3 容器の座屈評価における許容値の明確化 (説明資料)
- 資料 73-3-4(3) クラス 2, 3 容器の座屈評価における許容値の明確化 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-5(1) クラス 1 配管の一次応力規定の適正化 (改定案)
- 資料 73-3-5(2) クラス 1 配管の一次応力規定の適正化 (説明資料)
- 資料 73-3-5(3) クラス 1 配管の一次応力規定の適正化 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)

- 資料 73-3-6(1) あと施工アンカー部における低減係数規定の適正化 (改定案)
- 資料 73-3-6(2) あと施工アンカー部における低減係数規定の適正化 (説明資料)
- 資料 73-3-6(3) あと施工アンカー部における低減係数規定の適正化 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-7(1) 時刻歴解析において考慮する不確かさの扱いの追加 (改定案)
- 資料 73-3-7(2) 時刻歴解析において考慮する不確かさの扱いの追加 (説明資料)
- 資料 73-3-7(3) 時刻歴解析において考慮する不確かさの扱いの追加 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-8(1) 使用済燃料貯蔵ラック (BWR) の設計用減衰定数の追加 (改定案)
- 資料 73-3-8(2) 使用済燃料貯蔵ラック (BWR) の設計用減衰定数の追加 (説明資料)
- 資料 73-3-8(3) 使用済燃料貯蔵ラック (BWR) の設計用減衰定数の追加 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-9(1) 原子炉冷却材再循環ポンプ (RIP, ABWR) の設計用減衰定数の追加 (改定案)
- 資料 73-3-9(2) 原子炉冷却材再循環ポンプ (RIP, ABWR) の設計用減衰定数の追加 (説明資料)
- 資料 73-3-9(3) 原子炉冷却材再循環ポンプ (RIP, ABWR) の設計用減衰定数の追加 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-10(1) 疲労評価に関する記載充実 (改定案)
- 資料 73-3-10(2) 疲労評価に関する記載充実 (説明資料)
- 資料 73-3-10(3) 疲労評価に関する記載充実 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-11(1) 動的機器の地震時機能維持評価法のうち、弁についての改定案(電動弁駆動部, 空気作動弁駆動部の動作機能確認済加速度の明確化, 逆止弁における詳細評価法の明確化, 主蒸気逃がし安全弁 (SRV, BWR), 主蒸気隔離弁 (MSIV, BWR) の機能維持確認済加速度の向上, 弁の構造強度評価に関する適正化)
- 資料 73-3-11(2) 弁の高加速度加振試験結果の反映について (説明資料)
- 資料 73-3-11(3) 逆止弁の地震時機能維持評価における詳細評価の明確化について (説明資料)
- 資料 73-3-11(4) 電動弁駆動部, 空気作動弁駆動部の動作機能確認済加速度の明確化, 逆止弁における詳細評価法の明確化, 主蒸気逃がし安全弁 (SRV, BWR), 主蒸気隔離弁 (MSIV, BWR) の機能維持確認済加速度の向上, 弁の構造強度評価に関する適正化 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)
- 資料 73-3-12(1) 粘性ダンパを用いる耐震設計法の追加 (改定案)
- 資料 73-3-12(2) 粘性ダンパを用いる耐震設計法の追加 (説明資料)
- 資料 73-3-12(3) 粘性ダンパを用いる耐震設計法の追加 (機器・配管系検討会での意見及び対応方針)

## 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の後、代理出席者 3 名が紹介され、規約に基づき主査の承認を得た。確認時点で出席者は代理出席者を含め 20 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、説明者 8 名が紹介された。

(2) 前回議事録の確認等

事務局から資料 73-1 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。 ・ P3 6 行目：期間→機関。

(3) 検討会委員の変更

事務局から資料 73-2 に基づき、分科会で承認された委員の変更について紹介があった。  
・堀内 委員(四国電力) → 村上 委員(同左) 村上委員から挨拶があった。

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

担当委員から資料に基づき説明があり、検討を行った。

1) 原子力発電所耐震設計技術規程／指針 [JEAC4601-2015/JEAG4601-2015] の改定の概要

行徳副幹事から資料 73-3-1 改定項目について、紹介があった。

- ・資料の緑色は前回までに検討済。本日は赤枠部分を検討する。No.11 と 12 は、次回以降の改定項目とする。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・No.11, 12 は今回改定に載せるには時間が足りない。また、議論を深める必要があり、提案のとおり、次期改定で良いと考える。
- ・No.11 について、検討の方向性を紹介いただきたい。
- ・No.12 は 1 年前紹介いただいた。改定案でいきなり示すのではなく、その前に紹介いただきたい。

2) 地震動と組み合わせる自然事象の整理 (No.2)

松岡氏から資料 73-3-2 に基づき、地震と組み合わせる自然事象荷重の追記案について、2015 年版の建物側第 3 章の記載と同等とした旨の説明があり、特にコメントはなかった。なお、建物側での改定検討の状況によっては今後調整していく旨の補足説明があった。

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

原田氏から資料 73-3-3(1), (2), (3)に基づき、前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・資料 73-3-3(1)の 4.2-29 頁の赤字部分「確認しなければならない」は「確認する」が良い。

→拝承。

- ・コード附 4.3.4-1 頁の b.材料規格で 2012 年版を引用しており、改定が進んでいるがこのままとするのか。

→関連規格は最新版引用が基本であり、JEAC 改定発刊時点での最新版引用となるよう、全般にわたって見直す予定である。

- ・資料 73-3-3(2)のケース K の検討状況、今後の見通しはどうか。

→現在、解析結果を確認中であり、分科会への中間報告までには間に合う見込みである。

- ・3 次元計測の初期不正を用いたケース K の座屈荷重の試験結果に対する比は、本評価法における比 0.88 より高くなって 1 に近い方が望ましいと思われる。

→そのような傾向を示しているが、細かい値については解析結果を確認中である。

- ・コード附 4.3.4-5 頁の 4 行目の参考文献で、第 1 報～第 5 報のシリーズ論文のうち第 2 報～第 4 報が記載されていない理由は何か。

→第 1 報に FBR 容器座屈研究全体のまとめ、第 5 報に解析の留意事項が記載されており。第 2 報～第 4 報は評価式の検討などがまとめられている。直接の引用先となる第 1 報と第 5 報を参考文献としている。

- ・縮尺試験体の座屈試験結果に関する研究内容を公開論文にまとめているとのことであるが、改定に間に合うようお願いしたい。

→拝承。

#### 4) 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)

網野氏から資料 73-3-4(1), (2), (3)に基づき、前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・F と F 値は同じか。同じであれば用語の使い方を統一すべきである。

→同じ意味である。本文で「F」と「F 値」の記載があるので、それに合わせている。

→資料 73-3-4 の 1/11 頁の座屈防止の F には F という記号説明があり、そこでは JSME を引用しており、F と記載している。一方、支持構造物の許容応力では、鋼構造設計基準を引用しており、F 値と記載されている。なお、設計者は F 値と呼ぶことが多い。

- ・4/11 頁の記号で、F は許容応力算定用基準値とあるが、鋼構造設計基準には定義はされていない。2008 年版で定義した。

→正確には F の値かと考えるが、鋼構造基準など関係する規格・基準の記載を確認して、適正化する。

#### 5) クラス 1 配管の一次応力の適正化 (No.5)

高山氏から資料 73-3-5(1), (2), (3)に基づき、改定前後表 2/7 頁の改定理由の見直しと、前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見，コメントは以下のとおり。

- ・改定理由に詳しい記載があることは良いことである。
  - ・用語として塑性崩壊防止と崩壊防止の 2 つが使われている。塑性崩壊防止の方が良いのではないか。
- 統一する。
- ・耐震設計分科会で，配管の場合，ねじりが卓越する場合を念頭に制限を設けたが，実際にはそういう荷重が掛からないので規定を撤廃するとの理解で良いかとのコメントが出た。配管にはねじりが発生しないということではなく，今までの制限で同等の制限ができるからであるので，上部委員会に上程時には今回の改定の視点を丁寧に説明いただきたい。
- 拝承。

6) 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)

樋口委員から資料 73-3-6(1), (2), (3)に基づき，附属書 4.3 に追加した部分と前回コメントへの対応の説明があり，特にコメントはなかった。

7) 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 73-3-7(1), (2), (3)に基づき，前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見，コメントは以下のとおり。

- ・資料 73-3-7(1)のコード 4.4-6 頁 青字部は，「時刻歴応答解析結果に乗じる」等ではないか。
- 「結果」を追記する。
- ・資料 73-3-7(1)のコード 4.4-6 頁 (2)a 「時間軸を変化させる」が分かりにくい。資料 73-3-7(2)の 2 頁の\*1 で，( ) 内に「3 つの異なった時間刻み」とあり，こちらの方が少し分かりやすいが、それでも分かりにくいので，もう一度考えた方が良い。
- 検討の結果このようになったが，刻みは誤解を与える。参考資料で図等を入れたい。
- ・時刻歴解析は時間軸を調整することにより，結果として周期が変わると理解している。周期を変動させている。
- 表現としては波の周期を変化させているというのが適切ではないか。構造体の固有周期を固定して，波の周期を変化させているのが，ASME の表現である。
- 不確かさは機器側の周期のゆらぎを見るというよりむしろ，入力波側の地震動又は建屋の不確かさを考慮する意味合いのもの。
- ・入力の変化も機器の固有周期の不確かさも両方見ている。機器の固有周期の精度にも配慮したとの記載がある。ASME も構造体目線である。
- ASME は両方入っている。日本の場合は，機器はそれなりに保守的である。
- ・目的をもう少し書いた方が良い。
- 持ち帰って検討する。テクニックは分かりやすいように参考資料に記載する。
- ・修正版についてはこのとおりで良い。コメントは参考資料を作る時に検討する。

・資料 73-3-7(1)の コード 4.4-6 頁の(2)の表題は「地震応答解析における不確かさの考慮」  
との表現が良いのではないか。

→時刻歴解析をどこに記載するかを議論したが、ここに記載することとなった。

・関係者で表現を確認することとする。

#### 8) 使用済燃料貯蔵ラック (BWR) の設計用減衰定数の追加 (No.9)

行徳副幹事から資料 73-3-8(1), (2), (3)に基づき、規定案の変更部分および前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

・コメントをいただいた原委員には回答方針を説明いただきたい。

・資料 73-3-8(1)のコード 4.4-13 頁 下から 3 行目、「成果」を「知見」とする。コード 4-4-9 頁 「試験等を基に」は「試験等で得られた知見を基に」とする。

→本文はそのままの記載とし、コード 4.4-13 頁の解説部分は修正することとする。

#### 9) 原子炉冷却材再循環ポンプ (RIP, ABWR) の設計用減衰定数の追加 (No.10)

樋口委員から資料 73-3-9(1), (2), (3)に基づき、前回コメントへの対応の説明があり、特にコメントはなかった。

#### 10) 疲労に関する記載充実 (No.14)

樋口委員から資料 73-3-10(1), (2), (3)に基づき、前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

・加速度波形と変位波形がほぼ同等とある。波形の形状が一緒であるのか。

→あるフロアの応答加速度波を 1 質点系モデルに入力した結果では、変位波形と加速度波形が形状として同じになる。

・それは自明か。変位波形と加速度波形は同じ地震でも異なるイメージであり、回答と結びつかない。

→地震波形や、あるフロアの応答時刻歴であればそうであるが、ここでは、それを 1 質点系モデルに入れた応答に対して、繰り返し回数をカウントする。

・そうすると 1 質点系のフィルタがかかるので、 $\omega^2$  で加速度と変位が変わってくる。それを換算するのか。

→正弦波の場合は  $A\omega^2$  と  $A$  の関係で、振幅は異なるが周期は同じ。等価繰り返し回数を考えるうえでは、加速度でも変位でも良く、同等とみなすことができる。

・1 質点系モデルの応答は、その固有周期成分がほとんど卓越しており、他の成分がないのであれば、そう書いた方がよい。

・従前の JEAC の記載で、変位応答波形と元々書かれているが、実務の中では加速度応答波形で行っている例がある。加速度応答波形が波形としては変位波形と同等で、最大応力で規格化するので、同等の繰り返し回数が出るとの判断である。しかし、みかけ上、JEAC

と適合しないとなってしまうので、問題ないのであれば記載しようという選択となった。

- ・「ほぼ同等」の説明の仕方の問題である。形がほぼ同等との表現は、相似であると文章を変えていただきたい。

→拝承

- ・「時刻歴〇〇応答波形」と「時刻歴応答〇〇波形」の2つの表現がみられる、表現を合わせた方がよい。

→拝承。

11) 電動弁駆動部、空気作動弁駆動部の動作機能確認済加速度の明確化 (No.18), 逆止弁における詳細評価法の明確化 (No.19), 主蒸気逃がし安全弁 (SRV, BWR), 主蒸気隔離弁 (MSIV, BWR) の機能維持確認済加速度の向上 (No.20)

西野氏, 久保田氏から資料 73-3-11(1), (2), (3)に基づき, 前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見, コメントは以下のとおり。

- ・(2)は参考資料として添付されるのか。

→(2)をベースに参考資料を作成する。

→追記した試験状況は規格に入る。

- ・弁が設置される配管系全体で見ると, 弁としての機能は残るかも知れないが, 他のところで壊れるのではないか。その時でも機能維持ができていえるか。

→弁としての機能維持はできている。接続配管については別途解析による。

- ・MSIV の試験の時に, 開度検出のためのリミットスイッチが壊れた。機能維持していないのではないか。

→スイッチブラケットが大きく振動したことにより, リミットスイッチのレバーの先端がバネのガイドに接触して折れたことを確認した。折損した開側のリミットスイッチは, 地震時は切れることが必要であり, フェイルセーフで, レバーが折れることとリミットのスイッチが切れるのは同じ状態であることを確認できたことから, 結果として機能維持できていると判断した。

- ・リミットスイッチが壊れると状態監視ができなくなるのではないか。

→MSIV の地震後の状態監視は全閉維持していることであり, 開側と閉側にリミットスイッチがついているが, 開側オフと閉側オンで全閉状態が確認できる。今回の試験では, 閉側リミットスイッチは問題なくオン動作し, 開側が折れたがオフ信号と同じ動作であるため閉状態監視は有効である。

- ・弁の加振試験について試験内容, 確認された事象とその解釈を含めて, 検討会で説明いただきたい。

→空気作動弁駆動部と MSIV は試験結果をもとに展開評価を行い, 最終的に確認済加速度を決めるが, 試験結果については詳細を説明していく。

- ・資料 73-3-11(2) P2/5 青字「さらに～」の段落で, 「配管反力が～あることも確認」と記載されている。配管の一次応力制限を撤廃しているので, 配管の許容値といわれると分からなくなる。以下に相当する反力を許容値とする等, 分かりやすい表現にされたい。

→配管反力の規定は、資料 73-3-11(1)P26/28 に記載されている。

・P2/5 では、「弁箱に作用する」が抜けている。

→「弁箱に作用する」を追加する。

・資料 73-3-11(2)P5/5 2.2(1)①主蒸気逃がし安全弁は、試験で弁座漏えいがあって、終了後に機能が確認できたとの記載がある。試験中に弁座漏えいでバウンダリが破れたように見える。加振中の漏えい起きて良いのであれば、見解を記載した方が良い。

→BWR の主蒸気逃がし安全弁は安全弁であり、作動させるためには入口側の圧力を上げていく必要がある。吹き出し圧力に近いところまで上げると、弁体自体に弁圧がかからなくなるので慣性力で漏れやすく、漏えいで圧力をそれ以上に上げきれずに吹かせられなかった。試験装置としての空気供給量の限界とつりあってしまったため試験設備の限界であったが、実際のプラントでは十分な蒸気量があり、吹かすことができる。

・実験で確認されたことを詳しく検討会でも理解したい。試験の内容を説明いただきたい。

## 12) 粘性ダンパを用いる耐震設計法の追加 (No.23)

樋口委員から資料 73-3-12(1), (2), (3)に基づき、規定案の追加部分および前回コメントへの対応の説明があった。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

・コメントの意図は、JEAC の記載としては、「ねばならない」を書いた方が良い。具体的に何をしなければならないかはユーザ側で決めるとの意図であれば、これで良い。

・履歴減衰型ダンパが先に載っているところに今回粘性ダンパを追加するので、弾塑性ダンパと項目を比較すると差別化が分かる。現在の記載を並べて比較すると良い。

・記載すべきこと、記載しなくて良いことの区別ができない。弾塑性ダンパに対し、粘性ダンパの記載に漏れが無いか。記載を絞り込み過ぎると、限定されてしまうことを懸念する。

→既存のダンパの設計法と粘性ダンパの設計法の比較表を作成する。

・考慮すべき事項から経年変化によるばらつきを削除した理由は品質管理で見ているからか。

→ご理解のとおりである。一般産業ではメンテナンスフリーで使われているのに対し、原子力では放射線環境があるため、放射線環境での減衰性能変化への留意を品質管理に記載した。

・実際にユーザが使えるもの、設計行為に使えるものにしていただきたい。

(5) 次回検討会：11月15日(金) 13:30～ 電気協会 B会議室

以上