

第 69 回機器・配管系検討会 議事録

1.日時 平成 31 年 4 月 25 日 (木) 13:30～16:30

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・エナジー),
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), 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 19 名)

代理出席: 高木(東京電力 HD, 波木井代理), 松浦(電力中央研究所, 齋藤代理) (計 2 名)

オブザーバ: 高山(MHI・NS エンジニアリング), 松岡(三菱重工) (計 2 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 69-1 第 68 回 機器・配管系検討会 議事録 (案)

資料 69-2 機器・配管系検討会 委員名簿

資料 69-3-1 JEAC4601-202x 改定 [検討項目・工程] (案)

資料 69-3-2(1) クラス 1 配管の一次応力規定の適正化 (No.5) (改定案)

資料 69-3-2(2) クラス 1 配管の一次応力規定の適正化 (No.5) (説明資料)

資料 69-3-3(1) 使用済燃料貯蔵ラック (BWR) の設計用減衰定数の追加 (No.9) (改定案)

資料 69-3-3(2) 使用済燃料貯蔵ラック (BWR) の設計用減衰定数の追加 (No.9) (説明資料)

資料 69-3-4(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 (No.10) (改定案)

資料 69-3-4(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 (No.10) (説明資料)

資料 69-3-5(1) 原子炉本体の基礎 (BWR) の復元力特性を考慮した地震応答解析法の追加 (No.13) (改定案)

資料 69-3-5(2) 原子炉本体の基礎 (BWR) の復元力特性を考慮した地震応答解析法の追加 (No.13) (説明資料)

資料 69-3-6 定ピッチスパン法における設計上の配慮事項の明確化 (No.15) (改定案)

資料 69-3-7 時刻歴応答解析における多入力解析の手法の追加 (No.16) (改定案)

資料 69-3-8 制御棒挿入性評価法の記載充実 (No.22) (改定案)

参考資料-1 耐震設計分科会 2019 年度活動計画

参考資料-2 2019 年度 各分野の規格策定活動

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 2 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 2 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 69-1 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(5) JEAG4604 → JEAG4614
- ・ P3(5) JEAC の場合～ → 意見について回答している。

(3) 名簿変更について

古屋副主査：電子・機械工学系准教授→機械工学系教授。
名簿に変更があった場合、事務局へ連絡いただきたい。

(4) 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 69-3-1 に基づき、JEAC4601 改定項目のうち、赤枠部分 (No.5, 9, 10, 13, 15, 16, 22) について、本日検討する旨紹介があった。

1) クラス 1 配管の一次応力規定の適正化 (No.5)

高山オブザーバから資料 69-3-2(1), (2)に基づき、クラス 1 配管の一次応力規程の適正化について、説明があった。

- ・ 一次応力(ねじり, 曲げ+ねじり)に対する規定を ASME、改正告示、及び JSME の経緯を踏まえて適正化。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・ 長周期で経験したことがないような地震動が来たとき、この方法で良いか。
→元々 ASME の規定では、地震力だけでなく静的な荷重を含めて、許容値が決まっており、従来の 2.25Sm と 3Sm の許容値では、ステンレスについてはゆるすぎるとして、1.8Sy と 2Sy の制限が加えられたものである。したがって、この制限は長周期的な地震力に対しても問題ない。
- ・ ASME の方法を理解して、反映したという位置付けか。
→そのとおりです。

- ・ 資料 69-3-2(2)P7/10 で、倍率 2.7 が 2.0 になるところが分かりにくかった。告示 501 号(平成 6 年改正時)での規定と JEAG4601-補-1984 の規定がほぼ同等だから、告示 501 号以降では、日本機械学会の設計・建設規格に統一すれば良いという主旨と理解しているが、その文脈で、倍率 2.7 倍がどういう意味で、2 倍になったのはどういう意味か。
→ASME のレベル D の制限は一次一般膜応力が 0.7Su 以下であり、この制限に相当するものが、ステンレス配管では 3Sm (2.7Sy) である。この制限は、Su に対しては余裕があるが、Sy に対してはかなり高い。レベル D では壊れなければ良いから、Su に対して余裕

があれば S_y に対してかなり大き目の値になっても良いとしているものである。しかし、配管に曲げモーメントが作用した場合、真円の形状が維持されれば、 $S_u \times$ 塑性断面係数までキャパシティがあるが、全断面が S_u になるまでに断面が変形する等のため、結果として $S_u \times$ 塑性断面係数までのキャパシティがない。 $3S_m$ (ステンレス鋼では $2.7S_y$) とは別に、 $2S_y$ の制限を追加したことについて、ASME のレポートにはステンレス鋼の配管では限界モーメントが全断面 S_u に相当する大きさに至らなかったと記載されている。

→2.7 倍では大きすぎるといいますか。

→その通りです。

- ・P7/10 では、その点を理解できなかった。経緯を説明した部分を受けて結論を書いたいただき、これまでの JEAC では一次応力制限にねじれ制限を独自にもっていたが、今後は JEAC4601 と設計建設規格で採用する一次応力制限を統一するとはっきりと見えるようにしていただきたい。

→P7/10 の文章は、自分で式を展開すれば理解できるが、一読では分かりにくいところがあるので、経緯と結論が分かるようにしたい。

- ・2.7 倍から 2.0 倍に低減されているのは裕度が削られたように見えた。大きな塑性率まで許容していたものを、安全率をもう少し見込んだことを分かるようにする。

→その主旨で変更する。

- ・改定方針としてこのまま進めて良い。第三者に納得させるよう資料を修正いただきたい。
- ・その他、新旧比較表 (資料 69-3.2(1))、及び参考資料 4.4.2 (資料 69-3.2(2)) について以下を修正のこと。

資料 69-3.2(1)P6/7, 1981 年版の ASME 改定とは、何を改定したのかを記載する。また、P6/7 の改定理由の「参考資料を 4.4.2 参照」は「参考資料 4.4.2 を追加」と修正する。

参考資料については、文中の括弧表記“()”は全角に変更されたい。

参考文献の書き方は、規格の中で統一すること。

2) 使用済燃料貯蔵ラックの設計用減衰定数の追加 (No.9)

行徳副幹事から資料 69-3-3(1), (2)に基づき、使用済燃料貯蔵ラックの設計用減衰定数の追加について、説明があった。

- ・表 4.4.5-2 に使用済燃料貯蔵ラック (BWR) の設計用減衰定数を追加する。
- ・設計用減衰定数の設定方法は資料 69-3-3(2)に記載。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・試験条件は、水平一方向加振と理解したが、それで良いか。鉛直方向の振動が同時に加わった時の影響は考察しているか。燃料集合体の着座部の摩擦に影響するのではないか。
- 着座部は、BWR 燃料集合体下部は丸い凸型構造になっていて、使用済燃料貯蔵ラック底部の丸穴部で受けるようになっている。使用済燃料貯蔵ラックは鉛直方向には剛構造であり、鉛直方向の減衰定数は 1.0%となるが、鉛直方向地震動が減衰にどの程度寄与しているかはもう一度検討する。

- ・設計用減衰定数は具体的数値ではなく、振動試験結果を比較して設定すると記載している。資料 69-3-3(2)P19 で、市松型ラックでは 5.0～7.0%としている。一方、角管型ラック及び格子型ラックでは、決めるのが難しい。設計規定であり、数値が書ければ使いやすい。一方では数値を決めなければ自由度が高い。3 タイプのラックで設計用減衰定数の設定方法が、合わせられるのであれば合わせた方が良い。
 - プラントでの評価実績と適用する地震動レベルで、減衰定数がどの辺になるかが見えてきてから考えたい。
 - 減衰定数が 10%以上になると応答スペクトルは変わらないので 10%でも良い。ある程度の数値があった方が使い勝手が良い。
 - 市松型については、規制側にも一度説明した。
 - 審査も進むので、規格に書ける内容があるなら書いた方が良い。
 - 角管型ラックと格子型ラックを使った設計の評価は、これから審査を受けるプラントがあり、振動のレベル、応答のレベルが分からないこともあるので、自由度を残しておきたいところで、こういう記載とした。
-
- ・資料 69-3-3(1)P4.4-16 の図では分かりにくいところがある。資料 69-3-3(2)の P4 であれば理解できる。
 - ・資料 69-3-3(1)P4.4-9 注 7)で、使用済燃料貯蔵ラック頂部の最大応答加速度と振動試験結果を比較したと記載しているが、BWR の使用済燃料貯蔵ラックは明らかに一次モード的な振動のみで見れば良いという見解、知見があるのか。
 - 検討する。
-
- ・資料 69-3-3(2)の P19 で、応答加速度を基準にしているが、実際に設計する時は、最初に減衰定数 1.0%で計算して、応答加速度が例えば、 2m/s^2 を超えたら減衰定数 5.0%を使うのか。
 - そのとおりである。
 - ・BWR 使用済燃料貯蔵ラックの設計用減衰定数は、既工認であれば、水平方向は 1.0%を適用しているプラントがあるかと思う。今回設定する応答依存性があるものと 2 つあるかと思う。その書き分けは必要かと考える。例えば、資料 69-3-3(1)P4.4-11 で、PWR の使用済燃料ラックでこういった適用をする場合、溶接構造物を使う設計がされていると思うが、使用する場合の注意書きが必要と考える。
 - 作業会で議論いただきたい。溶接構造物がなくなるわけではない。
-
- ・資料 69-3-3(2)の P27 での減衰定数とラックの最大応答加速度と、市松型ラックの P19 の結果は、傾向として同じメカニズムで減衰が出ているのか、違うメカニズムか。その辺りを良く検討して、減衰定数をどうするかを検討いただきたい。
 - グラフ横軸の最大加速度について、市松型ラックは 14m/s^2 くらいまでであるが、角管型ラックと格子型ラックの最大加速度はさらに大きな数値である。角管型ラックはある程度までの加速度で飽和しているように見える。

- ・同じグラフのうえで、横軸も同じにして確認すれば良い。
- 実用上は、設計用の減衰定数を作りたいので、規制側に一度説明して、この設計用減衰定数を決めた。今回はこの形で提案させていただきたい。
- ・JEAC4601として設計用減衰定数をどうするかと事業者としてどう使うかというのは、分けて考えないと理解しにくくなる。JEAC4601としてどうすれば良いか、議論いただきたい。
- 指摘のとおりであり、JEAC4601としてどうするか、検討したい。

- ・資料 69-3-3(2)の P19 で、2段階に分けた理由があるか。
- 地震動は Ss と Sd の 2 種類があり、Ss は大きな加速度が出るので、大きな減衰を使いたい。大きな減衰を全体に使いたい、応答加速度が 2m/s^2 くらいだと、減衰定数が 8% にならないので 2 段階とした。概略すると、Ss 用が 7.0% で、Sd 用が 5.0% という使い分けとしている。
- ・ここで評価しているのは入力が正弦波であるが、実際に使用する波から評価すると、どういう状況になるのか。安全側であれば良いが課題はないのか。地震波の周波数特性による影響が大きいと思う。どう考慮されているか。また、減衰の評価方法として、自由振動波形から算出としているが、波形からどのように算出されているのか。自由振動から水中構造物がどうなるのか、まとめられていることがあれば教えていただきたい。さらに、実験自体は 10 年以上前に行われているが、この段階で減衰をもう一度評価する経緯は何か。
- Ss, Sd はかなり大きな地震で既設の使用済燃料貯蔵ラックは評価上厳しくなっている。元々、設計用減衰定数 1.0% で評価していたが、新しい地震動をうけてあらためて検討した。試験の時期は、いろいろところで減衰を採る検討を進めていた段階である。新規制対応の補正工認以前は、高減衰定数を使った評価は個別のプラントではあまりやられていなかった。
- 2 件の質問は実験結果に立ち戻る必要があるかと考える。次の機会に説明、とする。

3) 原子炉冷却水再循環ポンプ (RIP, ABWR) の設計用減衰定数の追加 (No.10)

樋口委員から資料 69-3-4(1), (2)に基づき、原子炉冷却水再循環ポンプ (RIP, ABWR) の設計用減衰定数の追加について、説明があった。

- ・表 4.4.5-2 に原子炉冷却材再循環ポンプ (ABWR) の設計用減衰定数を追加する。
- ・設計用減衰定数の設定方法は資料 69-3-4(2)に記載。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・厚肉型 RIP の試験は未実施で適用しないとあった。資料 69-3-4(1)注(7)で厚肉型は 1% を適用するとしているが、ポンプは一般的な機械装置を適用しており、注(7)で記載する必要はない。書くのであれば厚肉型ポンプは今回の適用除外、対象外とした方が良い。
- 作業会で、注書きのところで、厚肉型 RIP の減衰を明記した方が良いとして、この記載とした。コメントを作業会で検討する。

- ・開発時のデータはあるが、これの位置付けはどういうものか。原設計を肉厚型のもので一定のデータが採られたのか。P5は原設計だけのものか。
- P5は原設計RIPの結果で、P9は開発時RIPの結果である。
- ・開発時RIPをここに参考として挙げた意図は何か。
- 原設計RIPの試験は1990年代後半に行われたが、開発時RIPはその前に行われた。開発時RIPの結果を用いて実際のプラントの設計でRIPの減衰3%を適用した例もある。開発時RIPの結果を引用して設計した例もあるので、参考資料に載せた方が良かった。
- ・開発時のデータをある程度検討、考察しながら、設計用に一般化できるのであれば一般化して設計用減衰定数に使った等の説明が必要である。このデータを検討した結果があれば良い。
- 開発時RIPの試験の位置付け、その説明が必要と理解したので、検討したい。

- ・この減衰は、設計の耐力、つまり応答を以って耐力的な設計に使う時の減衰か、応答を評価する時の減衰だと思うが、応答をどう使うための減衰か。
- 通常的设计レベルでの応答を見るために用いる。
- ・強度設計のためか。
- そのとおりである。
- ・何を見るかにより、減衰のあり方を検討した方が良い。通常的设计であれば一定が良いが、別の意味で使うのであれば、3%一定ではない方が良い。

4) 原子炉本体の基礎（BWR）の復元力特性を考慮した地震応答解析法の追加（No.13）

- 樋口委員から資料 69-3-5(1), (2)に基づき、原子炉本体の基礎（BWR）の復元力特性を考慮した地震応答解析法の追加について、説明があった。
- ・4.4.4 地震応答解析モデルの解説になお書きを追加する。
 - ・説明は資料 69-3-5(2)に記載。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・隔壁は円の中心に向かうのではないか。P4の図で、一番上の隔壁は水平になっている。
- これはアクセストンネルで開口部である。コンクリートの部分は中心に向かっている。
- 注記等で示した方が良い。
- ・P13 ABWRで、コンクリートのひび割れ強度の低減係数は一律0.5を用いるのか。
- ABWRのベント管があるところに対しては、一律の値を用いている。

5) 定ピッチスパン法における設計上の配慮事項の明確化（No.15）

- 高山オブザーバから資料 69-3-6に基づき、定ピッチスパン法における設計上の配慮事項の明確化について、説明があった。
- ・P5/9を修正した。P9/9に解説を追加した。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・審査で指摘があった件をJEACに反映したもののか。

→その通りである。

- ・P9/9 手法 1 で矢印の範囲で設計するのであれば、図にその旨を追加した方が良い。

6) 時刻歴応答解析における多入力解析の手法の追加 (No.16)

行徳副幹事から資料 69-3-7 に基づき、時刻歴応答解析における多入力解析の手法の追加について、説明があった。

- ・4.4.2 解説に追記した。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・「支持点ごとに定められる、時刻歴応答」に違和感がある。表現を再考されたい。求めるものと入力と同じ表現であるので、混乱する。作業会で検討いただきたい。
- ・ASME の Appendix N に多入力が記載されている。

→用語を検討する。

7) 制御棒挿入性評価法の記載充実 (No.22)

松岡オブザーバから資料 69-3-8 に基づき、制御棒挿入性評価法の記載充実について、説明があった。

- ・記載内容適正化、参考文献の追加。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・このまま進めていただきたい。

○参考文献について

- ・参考文献には講演論文と査読論文があり、その位置付けは異なると考えるが、電気協会での取扱いはどのようにしているか。

→査読付き論文が良いが、本日の資料でも講演論文が多い。

→講演論文でも、査読がある場合もあり、できればそれを選択いただきたい。

→査読付き論文の方がいろいろレビューを受けることがある。講演論文で出されたものも、その後の情報を纏めて査読付きに出しているものもある。なるべく公知の論文を挙げるのが基本で、査読付き論文、できるだけ多くの人目で審査を受けたものを挙げていただきたい。論文を調べ直すのは大変であるが、信頼性を上げるため、お願いしたい。

→手引きに、基本は査読論文とされている。なるべく査読付論文で、そうでない場合は検討会で見てもらうようにした方が良い。

(5) 2019 年度活動計画について

事務局から参考資料 1, 2 に基づいて、活動計画について、説明があった。

- ・参考資料 1, 2 は検討会、総括検討会、分科会、基本方針策定タスク、最終的に原子力規格委員会で説明したが、大きなコメントはなかった。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・各年度の検討会での活動を半年で見直しを各検討会で行い，8月早々くらいに，総括検討会でフィードバックをかける作業をしたい。よろしくお願ひしたい。
- ・事務局に確認，2つの参考資料は規格委員会に提出されたものとのことであるが，（案）が取れたものが最新か。また，規格策定活動の11次改定日は，規格委員会審議日か。
→案は採れている。改定日については確認する。

(6) 次回検討会：5/23 13:30～ 日本電気協会 4階 C会議室

以 上