

第 71 回機器・配管系検討会 議事録

1.日時 令和元年 6 月 18 日 (火) 13:30～17:00

2.場所 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: 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), 鈴木(中部電力),
松田(北陸電力), 野元(関西電力), 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) (計 15 名)

代理出席: 境(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: 堤(中部電力), 松岡(三菱重工業), 五島(三菱重工業),
熊谷(日立 GE ニュークリア・エンジニア), 久保田(日立 GE ニュークリア・エンジニア),
西野(東芝エネルギー・システムズ), 奥田(東芝エネルギー・システムズ) (計 7 名)

欠席委員: 中村主査(防災科学技術研究所), 渡邊副主査(埼玉大学),
原(東京理科大学名誉教授), 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), 谷口(原子燃料工業) (計 7 名)

事務局: 岸本(日本電気協会) (計 1 名)

4.配付資料

- 資料 71-1 第 70 回 機器・配管系検討会 議事録 (案)
- 資料 71-2-1 JEAC4601-202x 改定 [検討項目・工程] (案)
- 資料 71-2-2 水平 2 方向及び鉛直方向の地震動の組合せを考慮した強度評価法及び地震時機能維持評価法の明確化 (No.7) (No.17) (説明資料)
- 資料 71-2-3(1) 疲労評価に関する記載充実 (No.14) (改定案)
- 資料 71-2-3(2) 疲労評価に関する記載充実 (No.14) (説明資料)
- 資料 71-2-4(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 (No.18) ~ (No.21)
- 資料 71-2-4(2) 第 67 回機器・配管系検討会 (平成 30 年 8 月 22 日) での意見について (説明資料)
- 資料 71-2-4(3) 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 71-2-4(4) 空気作動弁駆動部の動作機能確認済加速度向上に関する研究 加振試験結果概要 (説明資料)
- 資料 71-2-4(5) 逆止弁の動的機能維持評価における詳細評価について (説明資料)
- 資料 71-2-4(6) 弁の構造強度評価に関する適正化 (説明資料)
- 資料 71-2-5(1) 粘性ダンパを用いる耐震設計法の追加 (No.23) (改定案)
- 資料 71-2-5(2) 粘性ダンパを用いる耐震設計法の追加 (No.23) (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

本日、中村主査欠席のため、古屋副主査が代行された。

事務局から代理出席者 2 名が紹介され、規約に基づき副主査の承認を得た。出席者は代理出席者を含め 17 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、副主査の承認を得た。

さらに、事務局から配付資料の確認があった。

(2) 前回議事録の確認等

事務局から資料 71-1 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 7 行目 炉心構造物→炉心支持構造物
- ・ P3 10 行目 参照している要求事項→参照元の規定
- ・ P4 ①：復活させる→省略しないようにする。
- ・ P5 3)：見え消し部分を削除する。復活させる→省略しないようにする。
クラス D3→クラス 3。Cs, Ds→C, D
- ・ P7 (5) → (4)

(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 71-2-1 に基づき、JEAC4601 改定項目のうち、赤枠部分（No.7, 14, 17～21, 23）について、本日検討する旨紹介があった。

- ・ これまで 3 回の検討会で一通りの説明を終える。今後、コメント対応を整理した後、深掘りした議論を行いたい。
- ・ No.2, 11, 12 については作業会で検討中である。No.2 の地震と組み合わせる自然現象については案は作っているが、建物・構築物と関連することから記載を調整している。No.11 の弾塑性評価法については有識者にご意見を求めることとし、検討を進めている。No.12 の配管弾塑性評価に関する JSME 事例規格については、日本機械学会での発刊に向けた進捗を注視し、対応方針を検討する。

○本日検討の項目は、提案の方向で改定作業を進めることとなった。本日のコメントを踏まえて、さらに検討会で検討する。

1) 水平 2 方向及び鉛直方向の地震動の組合せを考慮した強度評価法及び地震時機能維持評価法の明確化(No.7, 17)

五島オブザーバから資料 71-2-2 に基づき、水平 2 方向及び鉛直方向の地震動の組合せを考慮した強度評価法及び地震時機能維持評価法の明確化について、基本方針の説明があった。

- ①水平方向及び鉛直方向の地震動の組合せについて記載されている箇所について、水平 2 方向及び鉛直方向の地震動の組合せを考慮した強度評価法及び地震時機能維持評価法の記載の充実化を図る。
- ②7 月の検討会で基本事項の記載部分、10 月の検討会において、具体的な評価法に関する

部分の改定案を提示する予定。

主なご意見，コメントは以下のとおり。

- ・例えば，水平 2 方向入力時の合成荷重の方が，従来の設計荷重を下回る時はどのように扱うのか。人工地震波を作ると，論理的には小さくなることもあるが。
- 原子力施設の耐震設計に使用する地震動は事業者が決めることなので，設備設計側は，どのような水平方向組合せの地震動に対しても耐震計算ができるように準備しておく方針で JEAC4601 改定案の検討を進めている。建屋設計側もあまり明確に書いていないので，7 月に機械側と建築側の幹事間で調整を行う予定としている。
- ・弾塑性評価については，機器本体ではなく，機器支持部，固定部の弾塑性が主と思うので，その辺りも建築側との調整が必要かも知れない。
- 弾塑性での 2 方向入力組合せの問題もあるが，極端な弾塑性にはならないという前提で，応答がほぼ線形であれば，2 方向入力組合せの話は判りやすい。また，原子力発電所の建物は整形化されており，2 方向の組合せの影響は限定される。

2) 疲労評価に関する記載充実 (No.14)

奥田オブザーバから資料 71-2-3(1)，(2)に基づき，疲労評価に関する記載充実について，説明があった。

- ①疲労評価の解説における記載の適正化・充実に対応して，設計・建設規格との用語統一を図る。
- ②ピーク応力法による等価繰返し回数算定に用いる繰返しピーク応力強さの設定に， K_e 係数を考慮する方法を明記する。

主なご意見，コメントは以下のとおり。

- ・資料 71-2-3(1)P4/8 附解図 1-2 では直線で引いているが，これは模式図の意味合いか，それとも， $3S_m$ の S_i と最大の S_o を決めると，直線で引けるのか。
- 図は模式的に直線で結んでいるが，実際には曲線で変化する。例えば， S_p/S_n が 1 に近いと直線に近い形となる。
- ・今回の改定で， K_e 係数を考慮したピーク応力法を追加する理由は何か。
- 従来の方法では，P4/8 のとおり直線で結んでいるが，等価繰返し回数を求めるには，過度の保守性があった。実際には，簡易弾塑性解析を用いて設計するので，過度な保守性を排除できるように，等価繰返し回数に簡易弾塑性解析を考慮する条文を追記した。
- ・参考となる文献等はあるか。今回 K_e 係数を考慮したことによっても，十分安全が担保されることを示す指標となるものはあるか。
- 現状ではない状態である。JSME の規程そのものを用いていることから，参照できる論文を作るまでは考えていない。
- ・資料 71-2-3(1) P3/8 注(2)，時刻歴解析から出てくる応答変位波形から最大値に対応する S_o を仮定する流れになっているが，注記では応答加速度波形としても良いとしている。

- 元々ベースは変位波形であるが、応答加速度でも算出できるロジックがあるのか。
- 応答スペクトルを求める場合、応答変位波形でも、応答加速度波形でも、それほど大きな違いがないということが前提である。加速度波形を使った方が、算定が容易になる場合が考えられるので、加速度波形でも使えるように明記した。
- ・応答加速度波形でも良い理由について、考え方を書き物にして残しておくべきと考える。解説等に残すか、審議資料に残すか、口頭ではない資料を検討いただきたい。
- 残し方を検討する。

3) 弁の動作機能確認済加速度の明確化等 (No.18, 19, 20, 21)

西野オブザーバから資料 71-2-4(1)~(4)に基づき、弁の動作機能確認済加速度の明確化等について、説明があった。

- ① 資料 71-2-4(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
 - ・No.18 一般弁 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.19 一般弁 逆止弁における詳細評価法の明確化
 - ・No.20 安全弁 主蒸気逃がし安全弁、主蒸気隔離弁の機能維持確認済加速度の向上
 - ・No.21 弁全般 弁の構造強度評価に関する適正化
- ②資料 71-2-4(2) 第 67 回機器・配管系検討会での意見について (No.18, 20)
- ③資料 72-2-4(3) 弁の高加速度加振試験結果の反映 (No.18, 20)
- ④資料 72-2-4(4) 空気作動弁駆動部の動作機能確認済加速度向上に関する研究加振試験結果概要 (No.18)

主なご意見、コメントは以下のとおり。

- ・20G が出てくるが、加振周波数が 10Hz であるということを記載しなくて良いか。
- 参考資料に加振試験の内容をまとめる時には、加振周波数を記載する。
- ・例えば、資料 71-2-4(2)P4/13 の主蒸気逃がし安全弁で、従来の水平 9.6G、鉛直 6.4G を、20.0G に変えるに当たり、今までの数値の試験条件はどうであったか。同じところで、20G と書いて良いか。
- それぞれ、試験結果を元に決められている。今回は加速度の数値だけを見直す変更とする。
- ・資料 71-2-4(2)P7/13 では、A が At1 より小さくない場合、駆動部の構造評価に行き、クラッチハウジング、モータフレーム、端子台ブラケットに着目して、許容応力以下であるかを確認する評価フローとしている。実際の破損では、クラッチハウジング等の締結部のガスケットがへたり、それが要因となっているということであるが、フレームよりも結合部の評価の方が重要かと思う。そこも異常要因として追加するのか。
- 昨年 8 月の検討会当時は、その辺の整理をしていて、クラッチハウジングやモータの締結部を評価ポイントにしようと考えていたが、検討を進めた結果、今回はその辺の評価を載せないで、At1 だけを明確化する方針とした。
- クラッチハウジング等締結部については詳細評価法を開発したが、その他のモータフレーム等の評価項目については試験結果に則した現実的な評価法を確立するには至ってい

ない。作業会 WG で検討したが、構造評価をすると許容加速度が 20G 以下となってしまう矛盾したフローとなってしまうことから、At1 を超えた時の評価法をまだ適用すべき段階ではないとの判断となった。

- 実際の弁は配管系の中に設置されており、支持条件が振動台とは全く異なる。配管にセットされた状態で 20G がかかる様なときは、配管系の振動モードが変わった入力になる。例えば、ねじりが入る等。実際の破損モードとは関係なく、本体の強度だけを見たという形であり、20G までもつという数値だけが独り歩きすると心配な感じがする。ものが加速度で壊れるということであれば、それで良いかも知れないが、加振とスタティックで何が違うかが、理解できていない。支持条件が異なれば実際にはもっと違う部分で壊れる。そこが壊れて機能維持できないことが小さい加速度で起こっているのであれば本当にそれで良いか疑問である。

→弁箱の剛性は高いため、一般的には駆動部の慣性荷重により駆動部の支持部付根が最弱部であり、それを試験で確認したものである。弱軸含めた 3 方向の加振で、動的機能維持という評価と最弱部位の評価を同時にできていると考える。

→応答加速度の位置に相当する場所の加振試験でも、応答加速度を合わせる評価をしているので、駆動部に係る試験としては十分と考える。作業会で考え方を検討する。

- 資料 71-4-2(3)P2 に、IEEE382 に規定される主要パラメータを用いてグルーピングする手法を用いてとあるが、これにより何ができるのか。

→IEEE382 は、弁の駆動部に関する信頼性確認試験の手法を定めた米国規格であり、類似構造でも出力やサイズにより複数のバリエーションがある機種に対する代表機種選定の考え方である。出力トルク、弁棒の径等、3 つの主要なパラメータを決めて、それが 50% から 200% を網羅するように代表試験体を決めれば、それが全体をカバーするという考え方である。例えば全体で 7 機種あるとして 3 機種で網羅できる場合は、その 3 体の試験で全 7 機種を検証したことになる。但し、基本的には設計思想は同一ということで、同じメーカーの類似構造でサイズ等のバリエーションがある機種に対する評価手法であり、電動弁駆動部に適用した。

- 資料 71-4-2(3)は検討会用の資料か。

→検討会用の資料である。

- この資料は全体的に俯瞰できて分かりやすい。IEEE の話等、もう少し整理すると良い。今後、エンドース対象になった時、抜粋して提出できると良い。

4) 逆止弁の詳細評価法の明確化 (No.19)

久保田オブザーバから資料 71-2-4(1), (5)に基づき、逆止弁の動的機能維持評価における詳細評価について、説明があった。

①地震時の動作要求の有無に応じて、弁体可動部の強度評価を明記する。

②弁体可動部の強度評価について、追記する。

主なご意見、コメントは以下のとおり。

・資料 71-2-4(5)の添付資料の要求機能に対する損傷のメカニズムのフローが、資料 71-2-4(1)P7/14 の評価フローとどこかで関連していると分かりやすい。主機能はディスクの開あるいは閉状態の維持で、主機能を維持するための従属する評価は、資料 71-2-4(5)のフローになっていて、キーワード的に対象部位が出ている。別資料で良いので、チェックできるようにしていただきたい。

→本文のフローが異常要因モードと繋がると分かりやすくなるので、別資料か資料に反映する。

5) 弁の構造強度評価に関する適正化 (No.21)

西野オブザーバから資料 71-2-4(1), (6)に基づき、弁の構造強度評価に関する適正化について、説明があった。

①弁の耐震評価手順における構造強度評価：供用状態に関する記載を削除

②弁の動的機能維持における配管反力の許容値の適正化：

曲げモーメント : $C_b \cdot Z \cdot S_y$ を $Z \cdot S_y$ に修正

ねじりモーメント : $2 \cdot Z \cdot S_y$ を $Z \cdot S_y$ に修正

主なご意見、コメントは以下のとおり。

・許容応力が小さくなるのか。

→弁自体の許容応力は変わらないが、接続配管から作用する反力値がこれまでの半分程度に制限される。代表プラントで確認した結果では影響はない。

・ねじりは 1/2 になる。

→配管から作用するねじりモーメントは、元々大きくはなかった。

・実際に C_b はいくつくらいになるのか。

→実設計であると、1 を下回ると 1 になるが、2 を下回るくらいとなる。

6) 新旧比較表の確認

西野オブザーバから資料 71-2-4(1)に基づき、JEAC4601 の改定部分について、説明があった。

・改定部分 : P2, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14

主なご意見、コメントは以下のとおり。

・P5/14 フロー図の表題の上に記号の説明があるが、At1 の下の () 書きは不要ではないか。

→検討する。

7) 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 71-2-5(1), (2)に基づき、粘性ダンパを用いる耐震設計法の追加について、説明があった。

①資料 71-2-5(1) 記載案

②資料 71-2-5(2) 説明資料

主なご意見，コメントは以下のとおり。

- ・ 参考資料 4X が想定されているが，(2)の内容からどの程度のものを作る予定か。
→説明資料 2 では，ここに載せた図はそのまま全て含めるような形で，参考資料とすることを考えている。説明資料 3 は基本的には要点をまとめることを考えている。
- ・ 資料 71-2-5(2)で，粘性ダンパに影響を与えるパラメータとして，例えば，繰返しにより減衰が低下する，高温履歴効果はない等が知見としてあると思うが，何を考慮すべきか。
→説明資料 2 の結果からは 4 つの項目に限定可能だが，粘性ダンパにより異なる可能性もあり，規格の本文で限定するのではなく，参考資料を参照するようにしている。
- ・ 検討しなければいけない項目が最初から分かっていたら，それを考慮して検討を始めた方が手間は少ない。確認が必要な項目は記載しておいた方が利便性は高い。
→附属書への記載を検討したい。

- ・ 品質管理の記載に関し，単軸のダンパを建物等で使用する場合は，建築センター等の部材認定を取得しているが，審査を受けるとなるとかなり大変である。第 37 条の品質管理が厳しく，情報を出さないメーカーも増えている。特殊な流体を使うと，物性や材料の組成まで出す必要がある。どう応えていくか，難しいところである。
→原子力で使用する場合は，粘性流体の成分をオープンにできないものの使用は難しいと考える。
- ・ ユーザとしては，書けるところは書いていただきたい。ばらつきは書いてほしい。P7/7 で，粘性ダンパの減衰特性のばらつきとして，製造時のばらつき，経年変化に伴うばらつきの記載がある。例えば，温度のばらつきは入らないか。「免震」では，3 つのばらつきを書いている。
→温度は減衰特性の変化の要因の 1 つとして考えれば良いので，ここでは明記していない。

- ・ 3 方向粘性ダンパは，試験結果と配管解析との比較を行っているが，単軸線形，単軸非線形についても，適用した場合の評価を記載できないか。ダンパ単体の特性試験を行っているが，その結果を用いれば配管系に適用できると，考察等を書いていただければよい。いろいろな特性変化もあるが，それに対してどう適用するか書いていただければ配管系に適用できるかと思う。
→3 方向粘性ダンパは加振試験の結果があるので比較までできているが，単軸の場合は要素試験で特性の変化を確認したところまでで，実機に適用した場合の応答の評価までは行っていないため，記載は難しいと考える。

- ・ P2/7 の設計の基本方針(4)でダンパには機器の自重を支持させないとあるが，機器の自重の支持機能をもった減衰機構は対象外か。
→説明資料 2，3 で特性を確認したものは，機器の自重の支持機能はないもののため，対象としていない。

- ・ 従来の履歴で減衰性をもたせていたものと違い，速度依存型のダンパを原子力の機械系

に取り入れていくのは賛成である。改定案のベースは履歴減衰のダンパであるが、特性が異なるので肉付け作業が必要になると考える。原子力での使用には、建築、土木での使用とは違う観点が入るので、その辺りを注意する必要がある。時間をかけて、整理をしていくことが良いと考える。

(4) 次回検討会：7月26日（金）13:30～ 日本電気協会 D会議室

以 上