

第4回構造分科会議事録

1. 日時：平成14年11月5日(火) 13:30~17:00

2. 場所：(社)日本電気協会 4階 C, D会議室

3. 出席者：(敬称略, 順不同)

出席委員：小林分科会長(東工大), 小川(青山学院大学), 大岡(日本原子力研究所), 鹿島(電力中央研究所), 川尻(電源開発), 岸田(IHI), 小柴(中国電力), 斉藤(日立製作所), 酒井(東京大学), 柴田(日本原子力研究所), 島田(海上技術安全研究所), 鈴木公明(日本製鋼所), 鈴木雅秀(日本原子力研究所), 高橋(富士電機), 富松(三菱重工業), 樋口(日本原電), 水繰(九州電力), 山下(核燃料サイクル機構), 吉村(東京大学), 米田(北陸電力)(計20名)

代理出席：小泉(発電技検・藤浦代理), 小島(東京電力・本陣代理), 黒崎(東芝・前川代理), 清水(北海道電力・舟根代理), 南(関西電力・千種代理), 森山(原子力発電技術機構・秋本代理), 安田(中部電力・山田代理)(計7名)

欠席委員：佐久間(東北電力), 庄子(東北大学), 広瀬(四国電力) 渡邊(原子力安全・保安院)(計4名)

常時参加：安藤(東京大学名誉教授), 小倉(横浜国立大学名誉教授)(計2名)

説明者：朝田・浦部(MHI), 松本(BHK), 平野(IHI)(計4名)

事務局：浅井・国則・上山・平田・福原(日本電気協会)

4. 配付資料

資料 No.4-1 第3回構造分科会議事録(案)

資料 No.4-2 第7回原子力規格委員会議事録(案)

資料 No.4-3 JEAC4201, JEAC4202 及び JEAC4206 の改定要否を検討するための平成14年度活動状況報告

資料 No.4-4 説明資料

説明資料 - 1 非延性破壊防止基準 告示501号, ASME Sec.III, ASME Sec.XI, JEAC4206 の関連について

説明資料 - 2 破壊靱性に関する規程(JEAC4201 および 4206)の課題

資料 No.4-5 JEAC4206 運転期間中の延性破壊防止の評価方法 追補版(案)(付録-1との比較)

資料 No.4-6 説明資料

説明資料 - 1 ASME Code Section XI Appendix G における K_{Ic} カーブ採用に関する調査

説明資料 - 2 原子炉压力容器の応力拡大係数の増加速度について

説明資料 - 3 非延性破壊防止評価の裕度の検討

説明資料 - 4 K_{Ic} 曲線の設定

資料 No.4-7 JEAC4206 追補版(原案) 運転期間中の延性破壊防止の評価方法

資料 No.4-8 上部棚吸収エネルギーが 68J を下回る原子炉圧力容器の健全性評価基準 概要

資料 No.4-9 上部棚吸収エネルギーが 68J を下回る原子炉圧力容器の健全性評価基準 JEAC4206
付録(案)

資料 No.4-10 説明資料

説明資料 - 1 最大仮想欠陥について

説明資料 - 2 荷重条件について

説明資料 - 3 安全率について

説明資料 - 4 判定基準について

資料 No.4-11 2次元弾性解析による J 積分 JEAC4206 付録(案)

参考資料-(1) 検討会の公開開始に関する手続きのお願い

参考資料-(2) 原子力規格委員会 各分科会の英語名称

5. 議事

(1) 会議定足数の確認

事務局から、委員総数 31 名に対し、本日の委員出席者数 27 名で、会議開催条件の「委員総数の 2 / 3 の出席」を満たしていることの報告があった。

(2) 前回議事録の確認

資料 No.4-1 に基づき、事務局より前回議事録(案)の紹介があり、特にコメントなく了承された。

(3) 第 7 回原子力規格委員会議事録の紹介

資料 No.4-2 に基づき、事務局より第 7 回原子力規格委員会議事録(案)の紹介が行われ、構造分科会関連のトピックスとして以下の内容が紹介された。

- 1) 現在、非公開となっている検討会を公開とする分科会規約改定に伴う具体的手続き及びスケジュールが提案され、決議された。(参考資料-(1))
構造分科会においても本分科会において必要事項を審議いただく予定。
- 2) 規格委員会の英語名称決定に伴い、各分科会の英語名称が提案され、構造分科会は「Subcommittee on Structures」との名称で決定したこと。

(4) 検討会公開について

参考資料-(1)に基づき、事務局より構造分科会所属の検討会公開のための手続きが提案され、下記 3 件が了承された。

- 1) 参考資料-(1)に記載のとおり、従来の 4 検討会、1 作業会(供用期間中検査検討会、格納容器漏洩試験検討会、機器配管設計検討会、破壊靱性検討会、ECT 作業会)の体制であったものを 5 検討会(前述のうち ECT 作業会を検討会とする)とする

こと。

- 2) 各検討会の主査は、移行措置として初回検討会開催時までには現行検討会幹事をお願いすることとし、初回検討会において規約に基づき互選すること。
- 3) 検討会委員の承認については、規約上分科会承認マターだが、各検討会委員候補を確認後、分科会委員にレビューした後、構造分科会長及び同幹事の承認をもって分科会承認とさせていただくこと。

(5) 「JEAC4206-2000 原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」の改定に関する審議

1) JEAC4201,4202,4206 改定要否の検討状況

資料 No.4-3 に基づき、富松委員より以下の検討結果が報告された。

- ア) P-T カーブへの K_{Ic} 適用は、前回のコメントを反映し、修正を図った。今件は、今回の分科会において審議に諮る。
- イ) 原子炉圧力容器鋼材の上部棚領域での評価法に関しては、今回の分科会において状況報告(中間報告)を行う。

2) 国内、米国規格比較及び短中長期の課題整理

資料 No.4-4 に基づき、富松委員より前回コメントの国内と米国規格の比較及び破壊靱性検討会における短中長期の課題が報告された。

上記1)2)について、主な質疑は、以下のとおり。 (Q:質問 C:コメント)

- Q.1 短・中・長期の違いは。
- 回答 短期は今回の改定、中期は数年、長期は5～10年のイメージである。
- Q.2 JEAC4201のUSE予測は、中期となっているが、今回の改定に取り込むので、短期ではないか。
- 回答 今回の全面改定の際には取り込む予定なので、短期となる。また、中期についても優先度の高いものから順次実施する。
- C.1 電気事業法第48条は39条の誤り。また、1/4Tの検討に対しては種々の背景があるので、十分審議すべき。
- 回答 拝承。誤記は修正する。1/4Tの審議は、今後検討していく。

3) P-Tカーブへの K_{Ic} 適用評価

資料 No.4-5 ~ No.4-7 に基づき、松本検討会委員より以下の説明があった。

- ア) 前回コメントを反映した追補版(案)で B-4000 と付録-1を合わせて全体を含めるようにし、 K_{Ic} を取り込んだ内容にしたこと。

- 1) 説明資料 - 2 の 5 章に炉心領域外への適用性について説明を追記し、前回コメントのひずみ速度の破壊靱性の影響も文献より、上部棚はひずみ速度が上がると上部棚破壊靱性も上昇する方向（設計の裕度が増える方向）であること。
- り) 追補版の原案見直し版及び最低温度要求・応力拡大係数を他部位に使用すること。
- 1) 局所脆化領域に関しては、資料 No.4-7 (2),(3)項の文献を追加し、説明も追記したこと。

上記 3) について、主な質疑は、以下のとおり。 (Q : 質問 C : コメント)

- Q . 1 資料 No.4-6 の P.19 の文献データについて、試験片サイズはいくらか。また、以前に HSST で WH が K 値とひずみ速度の関係を実施したが、ひずみ速度が増加するとほぼ飽和するようなデータがあったと思うが。
- 回 答 文献の試験片サイズは 1 TCT。ひずみ速度は、この文献データでもかなり速く、この程度まで見ておけば十分と考えている。また、圧力容器の評価に対しては K_{Ic} を適用すれば問題ない。
- Q . 2 資料 No.4-6 で、NRC は 3 つの課題があるとなっているが、NRC はこれらの課題を解決したとして Code Case N-640 を承認したのか。
- 回 答 K_{Ic} 適用化に関する ASME PVP の論文には NRC が共著者になっており、また Main Committee にも NRC が参加しているので、NRC は承認している。
- C . 1 ASME では K_{Ic} の適用は、全部位に対して認めているのかフォローしておくこと。
- 回 答 拝承。
- C . 2 資料 No.4-6 の 5 章の説明がよくわからない（わかりにくいので表現を見直すこと。）具体的に例示すると、
- ・ 5Sm に対して疲労強度減少係数が 3.6 となること。
 - ・ 炉心領域は、Sm が発生していること。
 - ・ 炉心領域の速度が 5 倍ということ。
- 回 答 拝承。（以下の要点を含めて文章全体を見直す。）
- ・ 炉心領域の Sm は、Sm レベルの応力が発生している点。
 - ・ 炉心領域の速度の 5 倍は、同一の過渡条件であれば応力が 5 倍になると応力拡大係数も 5 倍になる点。
- Q . 3 資料 No.4-6 で裕度と安全率が混在しているが、安全率を裕度という表現にはできないのか。
- 回 答 元の文献を確認する (Design Margin or Safety Factor)。
- C . 3 ・ JSME では安全係数と呼ぶようにしている。ASME も以前は Safety Factor と読んでいたが、Sec.III は Structural Factor、Sec.XI は Design Factor と言い直している。安全係数と裕度は分けていくべき。
- ・ 精度が上がったので裕度を下げるとするのは ASME でも言っているが、今変更されないのでは有れば構わない。

- ・言葉の定義の問題。Safety Factor は歴史的に重みがある。Design Factor と言っても本質は同じ。用語としては安全係数とする。例えば K_{IR} と K_{IC} は、裕度の議論となる。
- ・追補版の文章はもう少し見直すこと。

例えば，表 - 1 の(2)の高応力は削除すべき。

(5)の圧力容器材料も既に圧力容器を対象としているので不要。

3.2.2 最大仮想欠陥の欠陥寸法(1)(2)(3)を数値の大きい順にするとか，「・・・の断面」も意味があるものか。

回 答 拝承。(再度，文章全体を見直す。)

Q . 4 現行の規格の並びが飛んでいる部分があるが。

回 答 追補版の並びに合わせたもので，本文では問題なし。

C . 4 3.3 章 運転状態 及び の説明文で，「・・・3.2 項の原理を・・・」及び「・・・適用できるものがあれば，・・・」という表現は，適切ではない。

回 答 拝承。「・・・3.2 項の方法を・・・」と修正する。

以上，「JEAC4206-2000 原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」の改定案（追補版）に関する議論の結果，上述のコメントを踏まえた関係箇所での修正条件で，次回原子力規格委員会（12月11日開催予定）の審議に上程することが承認された。

【挙手による決議結果：出席委員全員の賛成承認】

4) 上部柵評価基準

資料 No.4-8 に基づき 朝田検討会委員より上部柵評価基準及び合わせて取り込む Japp 評価手法の概要説明があった。

また，上部柵靱性の予測手法が発電技検 PLIM の成果を反映する必要があり，それが来年度になるため，今回は中間報告となる。なお，評価基準の骨組み，Japp 評価式及び健全性評価方法については，審議を諮りたい。

上記4)について，主な質疑は，以下のとおり。

Q . 1 二次応力に対しては割引，K から J への塑性域補正は割り増しになるが，直接 J に換算することはしないのか。

回 答 それは安全側になる。68J を下回る領域では J_{mat} も小さく，精度を上げた評価をして，不要な裕度を省きたい。

Q . 2 2次元から3次元，塑性域補正と，複雑な方法だが，1 ケースしかやっていないのか。

回 答 形状とき裂深さを種々のケース実施した。

Q . 3 2次元弾性解析の図 - 5 では何を変えたのか。

回 答 板厚一定で，き裂深さを変えている。

- Q . 4 2次元軸対称体で計算するのか。き裂は入れているのか。
- 回 答 2次元解析のモデルは、2次元軸対称体となるが、その応力分布を用いて ASME SectionXI App.A の式で K 値を計算するものだが、文章は適切な表現に見直す。
- Q . 5 3次元モデルはどうやっているのか。
- 回 答 3次元モデルは弾性、弾塑性とも図 - 1 に示すようにき裂をモデル化して、 K_I あるいは J 積分を直接求めている。それにより誤差を減らそうとしている。
- Q . 6 3次元の温度過渡に対する解析は。
- 回 答 非定常計算を実施しており、K 値が最大となる時点で係数は設定したが、その結果、全ての領域に対して安全側になったことを確認している。
- Q . 7 これらの計算で網羅されているか。
- 回 答 運転状態、 γ 、 β の厳しい過渡条件に対して、弾塑性 FEM を実施し、本評価手法が安全側になっていることを確認しているので、問題はない。
- Q . 8 最初から3次元で実施することと、この手法ですることに対するメリットは。
- 回 答 コンピュータが進んできたが、やはりこのような評価手法がある方がメリットが大きい。
- C . 1 (Q . 8 に対し) それは分科会の課題である。
コンピュータによる方法を許しても良いが、3次元解析は複雑なため、その妥当性をどう判断するかの問題が出てくる。このような手計算で追える手法を整備しておけば良い。やり方としては問題なく、内容についても了承した。
- C . 2 資料 No4-8 3 . 基準内容の表は、左右で正当に比較できるように見直すこと。
- 回 答 拝承

5) JEAC4206 付録(案)原子炉圧力容器健全性評価基準及び2次元弾性解析による J 積分

資料 No.4-9 ~ No.4-11 に基づき、朝田検討会委員より以下の説明があった。

Japp の評価式の根拠については、来年の ASME PVP に投稿予定でその論文を参照すること。また、Jmat については、PLIM の成果も反映した形で来年度の審議に諮る予定。

上記5) について、主な質疑は、以下のとおり。

- C . 1 資料 No4-8 の3章で、米国規格を引用しているものと、そうでないものがある。例えば安全係数や運転状態について、表でわかるようにして欲しい。
- 回 答 安全係数は資料 4-10 の根拠資料 - 3 に記載したとおり、米国の考え方をレビューし、妥当と判断した。
但し、そのように判断したことが、記載されていないので追加する。また、表も見直す。

C . 2 記号の定義で MPa と mm があるが，長さは m にすべきでは。そうしないと例えば J の換算で 1000 という係数が出てくる。整合を考えること。

回 答 拝承。

C . 3 6.2 章で弾性解析となっているが，弾塑性解析あるいは解析とすべき。

回 答 拝承。

C . 4 記号で斜体が統一されていない。

回 答 拝承。

Q . 1 不安定性評価で， J_{app} と J_{mat} の傾きの計算は。

回 答 式の中のき裂深さを代えていくだけ。

Q . 2 偏微分とそうでないものとの違いは。

回 答 K ， J はき裂深さ以外にもパラメータが含まれるが， J_{mat} はき裂深さだけがパラメータである。

Q . 3 単位の統一については，中期ということでよいか。 K_{Ic} 適用化の追補版は反映しなくてよいか。

回 答 追補版はこのままとし、次回の全体改定の時に見直す。

以上，JEAC4206付録（案）「上部柵吸収エネルギーが68Jを下回る原子炉压力容器の健全性評価基準」・「2次元弾性解析によるJ積分」に関する議論の結果，上述のコメントを踏まえた関係箇所の修正を図ることで，評価方法は了承された。

また，次回の原子力規格委員会（12月11日開催予定）に上程する K_{Ic} 適用化の追補版に関する資料についてはEditorialチェックのみなので，事務局に事前に送付し，委員が閲覧できるようにしておくことになった。（各委員への送付は不要）

なお，上部柵評価基準については，再度審議を行うが，次回の原子力規格委員会において，進行状況の中間報告することが決議された。

（6）その他

次回構造分科会開催予定は，第8回原子力規格委員会（12月11日開催予定）の審議状況を勘案して，後日調整することとなった。

以 上