

第 72 回 発電用設備規格委員会 核融合専門委員会 議事録

1. 日時 :2020 年 12 月 10 日(木)13:00～17:30

2. 場所 :Webex による Web 会議

3. 出席者:委員 8 名、欠席者 4 名、オブザーバー 9 名

橋爪委員長(東北大)、中平副委員長(QST)、清水幹事(三菱重工)、

中曽根(東京理科大)、渋鯨(IHI)、井岡(東芝 ESS)、鈴木(日立)、戸張(QST)

欠席者:中田(金沢工大)、宇野(金属技研)、中村(IHI 検査計測)、

一ノ瀬(昭和電工マテリアルズ・テクノサービス)

オブザーバー:宮口(IHI)、中嶋(QST)、佐藤(QST)、宇藤(QST)、櫻井(QST)、

井口(QST)、平塚(QST)、黒木(QST)、河村(QST)、石川(QST)

(以上敬称略)

4.配布資料

資料 72-1 第 72 回核融合専門委員会議事次第(案)

資料 72-2 第 72 回核融合専門委員会配布資料リスト

資料 72-3 第 71 回発電用設備規格委員会 核融合専門委員会 議事録(案)

資料 72-4-1 第 95 回発電用設備規格委員会 議事録(案)

資料 72-4-2 第 85 回発電用設備規格委員会幹事会参考資料

資料 72-5 第 27 回非金属構造物分科会 活動報告

資料 72-5-1 第 27 回非金属構造物分科会 議事録(案)

資料 72-5-2 FRP と金属の接着要素試験の進捗

資料 72-5-3 圧縮クリープ試験片外観

資料 72-5-4 クリープ限界の考え方について

資料 72-6 第 22 回金属構造物分科会 活動報告

資料 72-6-1 第 22 回金属構造物分科会 議事録(案)

資料 72-6-2 FMJJ1 の実機引張試験結果に基づく強度推定式の見直しと規定改定について

資料 72-6-3 APPENDIX 4B の改訂案

資料 72-7-1 専門委投票 No.42:「倫理規定補足」改定案の承認 投票結果について

資料 72-7-2 専門委投票 No.43:次期 核融合専門委員会委員長選任の投票結果について

資料 72-8 核融合専門委員会委員について

資料 72-8-1 核融合専門委員会委員名簿

資料 72-9 金属構造物分科会委員について

資料 72-9-1 金属構造物分科会委員名簿

5. 議事

(1) 開会

橋爪委員長より開会が宣言された。

(2) 議事次第、配布資料確認【資料 72-1、72-2】

議事次第案の確認、および配付資料に過不足がないことを確認した。

(3) 前回議事録案の承認【資料 72-3】

第 71 回核融合専門委員会議事録案の確認を行った。特段のコメントは無かったが、各委員への送付から間も無いため、気付き事項あれば 12 月 11 日(金)中に連絡いただくこととした。なお、特段の連絡が無い場合、本案は承認されたものとする、ご意見いただいた場合は改めてメール審議することが出席委員全員一致で決議された。(11 日中に特段の連絡がなかったため、本案は承認された。)

(4) 報告事項

(4-1) 第 95 回発電用設備規格委員会報告【資料 72-4-1】

戸張委員より 9/28(月)に開催された規格委員会の本専門委員会に関する以下の報告があった。

- ・ 圧縮荷重下で使われる GFRP を想定したクリープ強度の考え方に関する報告。
- ・ ITER 向けに超電導コイルの 1, 2 号機を納入し、フランスで組立開始の式典が行われたこと。
- ・ 倫理規定補足改定案に関し、核融合専門委員会としての書面投票をこれから実施することに了承を得たこと。
- ・ クリープ強度の時間外挿範囲は 3 倍でも厳しいというのが最近の見方であるとの意見をいただいたこと。

主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- クリープ強度に関する企画委員会議事録の記述が、資料 95-10 の内容と異なるため、修正を申し入れることとした。

(4-2) 第 85 回発電用設備規格委員会幹事会報告【資料 72-4-2】

戸張委員より 11/19(木)に開催された規格委員会幹事会本専門委員会に関する以下の報告があった。

- ・ 核融合専門委員会の倫理規定補足改定案の書面投票状況について確認があり、投票実施中と回答したこと。
- ・ 規格委員会運営規約改定案の概要

主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 委員長の再任回数変更について、専門委員会も対象となるのか確認することとした。

(4-3) 第 76 回非金属構造物分科会 活動報告【資料 72-5、資料 72-5-1】

戸張委員より第 27 回非金属構造物分科会の活動報告として、HV ブッシング FRP 絶縁管の

気密構造検討、20年後のGFRPのクリープ強度の推定に関する説明がなされた。続いて以下の詳細報告があり、内容について協議した。

(4-3-1) FRPと金属の接着要素試験の進捗【資料 72-5-2】

HV ブッシングの気密構造部への適用を検討している接着方法による FRP とステンレスの接着部のせん断試験を実施し、前回報告した FRP 同士に比べせん断強度がかなり低い結果となったこと、接着面の大部分は金属面と接着層の間で剥離していたことなどが報告された。

主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 接着する際の硬化温度は約 130℃と言うことだが、金属は温度を上げるとかえって付かなくなる。金属表面は 100℃越えると表面の不純物がガスのように出てくるためであり、これは、アセトンで拭いても取り切れず、ベーキングを行う等金属表面をきれいにする必要があるとのコメントがあった。
- FRP 同士に比べせん断強度がかなり低かったのは、FRP 同士はお互いにしなるが、ステンレスは硬いことからあまりしなることがないことが考えられる。接着面積も異なることから、同じ条件にして実施すべきとのコメントがあった。
- インターフェイスメカニクスが関与し、FRP 同士はグッドペアだが、FRP とステンレスはバッドペアなので、接着箇所で応力の特異性が起こって剥がれやすくなるようなことが考えられるとのコメントがあった。
- 今後、これらのコメントを反映し、金属の表面処理、試験条件の統一化、異材を考慮した試験片形状、接着剤や接着方法等の検討を進めることとした。

(4-3-2) 圧縮クリープ試験片外観【資料 72-5-3】

静的圧縮試験および圧縮クリープ試験にて破壊した試験片の外観観察を行い、破壊のメカニズムとしては、繊維の微小座屈(マイクロバックリング)から破壊が開始し、その座屈箇所が斜めに隣のガラスクロス層へ続いて、さらに層間剥離等の破壊が生じたと推定されるとの報告があった。

- 圧縮クリープ試験の破断に層間剥離が混じっている理由について質問あり、未だマクロ的な観察に留まっており今後詳細観察行うことにより、破壊のメカニズムにつながるデータを得られるよう進めるとの回答があった。
- 本件に関して、非金属構造物分科会では「静的圧縮の場合は変位制御、クリープの場合は荷重制御であり、クリープの場合にはせん断方向にずれた後、さらに荷重がかかり層間剥離に至った」と解釈しているとのコメントがあった。

(4-3-3) 20年後のクリープ強度の考え方について【資料 72-5-4】

20 年後のクリープ強度およびクリープ強度のばらつきに関する文献調査に基づき、これまでのクリープ強度推定曲線を時間で2桁？安全側にシフトして20年後のクリープ強度を推定した。この結果、許容応力を破壊強度の 30%以下とすれば、ばらつきを考慮しても、規格上クリープを

考慮しなくてよい結果が得られたが、分科会での協議の結果、圧縮クリープは樹脂の剛性がクリープ強度に大きく影響を与えるため、使用する樹脂について制限を与えることになったとの報告があった。

主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 分科会のコメント「使用する樹脂について制限を与えることにする」の意味について質問があり、規格文案にクリープ強度に効いてくるパラメータのガラス転移温度を記載するなど、使用する樹脂を制約するという意味だが、具体的などころは今後検討するとの回答があった。
- クリープ限界の意味が不明であり、文献の調査結果と QST による実験結果の区別、対象としている部位や応力のかかり方を整理して説明してほしいとのコメントがあり、今後整理して報告することとした。また、クリープ限界については、65℃ 20 年後の推定強度が、許容応力を上回ればクリープを考えなくて良いとの意味であり、今後、用語に気を付けることとした。

(4-4) 第 22 回金属構造物分科会活動報告【資料 72-6、資料 72-6-1】

佐藤氏より第 22 回金属構造物分科会の活動報告として、次の項目の説明がなされた。

- ・ FMJJ1 の実機引張試験結果に基づく強度推定式の見直しと規定改定に関する協議
- ・ FMJJ1 の Mo 含有量の強度に及ぼす影響に関する報告
- ・ APPENDIX 4B の改定案に関する協議
- ・ 原型炉 TF コイル構造材料開発の報告に関する報告

続いて以下の詳細報告があり、内容について協議した。

(4-4-1) FMJJ1 の実機引張試験結果に基づく強度推定式の見直しと規定改定について

【資料 72-6-2】

FMJJ1 の実機データに基づき規格策定の基になった強度推定式を見直した結果を第 22 回金属構造物分科会で協議し、化学成分の規格値として C+N:0.22%以上を追加する、室温の降伏強さの規格値を 280MPa から 300MPa とする、板厚区分を廃止する等の方向で規格の改定案を作成する方針となったとの報告があった。

主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 規格の改定について慎重な意見も出されたが、核融合は新しいものであり、原型炉への適用も 10 年～20 年先でもあることから、新しい知見は反映していくべきとのコメントがあり、既存の規格内容が担保されることや信頼性が向上されることなどを規格委員会へ説明することで改定を進めることになった。ただし、板厚区分の廃止については、再度、検討することとした。

(4-4-2) APPENDIX 4B の改訂案【資料 72-6-3】

HIP 継手部は、HIP 処理により母材結晶粒が粗粒になるため、低サイクル側の疲労データの

低下が確認されている。この点については、APPENDIX 4B で解説することが核融合専門委員会
で決められており、今回、解説内容の概要についての報告があった。

主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 解説に記載する設計疲労線図の網掛部分は、ITER の溶体化材の使用範囲であり、誤解を招くため削除することとし、ITER のラジアル・プレートの使用範囲については、例として文章中に記載することを検討することとした。

(4-5) 「倫理規定補足」改定案の承認 投票結果について【資料 72-7-1】

日本機械学会発電用設備規格委員会 倫理規定補足の改訂案について投票を実施し、本投票議案は可決されたとの報告がなされた。

(4-6) 次期 核融合専門委員会委員長選任の投票結果について【資料 72-7-2】

核融合専門委員会委員長選任の投票を実施し、橋爪 秀利候補が選任されたとの報告がなされた。

(5) 審議事項

(5-1) 委員の新任・再任・退任

(1) 核融合専門委員会委員の退任、再任【資料 72-8、資料 72-8-1】

- ・ 清水委員(三菱重工業(株))が 2020 年 12 月末日を以て退任との報告がなされた。
- ・ 2020 年 12 月末日をもって任期を迎える中曽根 祐司委員、鈴木 隆之委員、中村 英之委員の再任が承認された。

(2) 金属構造物分科会委員の退任、新任【資料 72-9、資料 72-9-1】

- ・ 角舘委員(QST)、黒木委員(QST)が 2020 年 12 月 4 日を以て退任との報告がなされた。
- ・ 新任委員として佐藤 和義氏(QST)、宇藤 裕康氏(QST)、櫻井 武尊氏(QST)の推薦があり、承認された。
- ・ 分科会役員について、主査として佐藤 和義氏(QST)、幹事として宇藤 裕康氏(QST)が承認された。

(6) その他

次回の第 73 回核融合専門委員会は、2021 年 3 月 11 日(木)に Web 会議で実施することとなった。

以上