

第 70 回 発電用設備規格委員会 核融合専門委員会

第 25 回 非金属構造物分科会

議事録

1. 日時 : 2020 年 6 月 24 日 (水) 13:00～16:30
2. 場所 : Webex による Web 会議
3. 出席者:【核融合専門委員会】委員 11 名、欠席者 1 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)、中田(金沢工大)、宮口(IHI)、井岡(東芝 ESS)、
 宇野(金属技研)、鈴木(日立)、中村(IHI 検査計測)、中嶋(QST)[角館委員代理]
 欠席者:一ノ瀬(日立化成テクノサービス)
 オブザーバー:洪鋤(IHI)、黒木(QST)、河村(QST)、石川(QST)
 【非金属構造物分科会】委員 9 名、欠席者 1 名
 中田主査(金沢工大)〈兼〉、小林副主査(東京都立大)、戸張幹事(QST)、
 中村(IHI 検査計測)〈兼〉、平野(東芝)、金(三菱電機)、鈴木(日立)〈兼〉、
 阪口(三菱重工)、平塚(QST)
 欠席者:一ノ瀬(日立化成テクノサービス)

4.配布資料

資料番号 (専門委員会/分科会)		資料名
70-1	25-1	第 70 回核融合専門委員会及び第 25 回非金属構造物分科会議事次第(案)
70-2	25-2	第 70 回核融合専門委員会及び第 25 回非金属構造物分科会配布資料リスト
70-3	25-3	第 69 回発電用設備規格委員会 核融合専門委員会 議事録(案)
70-4	25-4	第 93 回発電用設備規格委員会 議事録(案)
70-5	25-5	第 24 回非金属構造物分科会 議事録(案)
70-6	25-6	メール審議 No.6 の協議結果に対応するための全体計画の進捗
70-7	25-7	FRP と金属の接着技術の確立に向けた試験計画
70-8-1	25-8-1	GFRP とエポキシ樹脂の動的粘弾性評価
70-8-2	25-8-2	GFRP のクリープ特性と長期使用に対する強度評価
70-9	25-9	設計係数検討のための材料試験
70-10-1	25-10-1	(専門委員会コメント対応①)フェリシティー比(FR)と除荷時ヤング率

		低下の相関について
70-10-2	25-10-2	(専門委員会コメント対応②)引張荷重で発生する応力およびひずみに与える材料異方性の影響解析
70-10-3	25-10-3	(専門委員会コメント対応③)GFRP 物性値のばらつきについて(ポアソン比、ヤング率、線膨張係数)
70-11	25-11	非金属構造物分科会委員名簿
70-12	-----	核融合専門委員会の委員について
70-13	-----	核融合専門委員会委員名簿

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 70-1/25-1、70-2/25-2】

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) 専門委員会前回議事録案の承認【資料 70-3/25-3】

事務局より事前に各委員に確認・修正いただいた内容を反映した第 69 回核融合専門委員会議事録案の報告が行われ、本議事録案は承認された。

(4) 報告事項

(4-1) 第 93 回発電用設備規格委員会報告【資料 70-4、25-4】

戸張氏より 5/14(木)に開催された標記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。

- 非金属構造物分科会より、FRP 構造を対象に設計係数の考え方、金属との接合部の設計、構造規格の策定計画について報告が行われた。
- 次回 第 70 回核融合専門委員会の開催日は新型コロナウイルス対応の影響により未定。
- 当面、規格委員会へ提案を予定している案件はないと考えてよいかの質問があり、現時点でその予定はないと回答した。

(4-2) 非金属構造物分科会前回議事録案の承認【資料 70-5/25-5】

事務局より事前に各委員に確認・修正いただいた内容を反映した第 25 回非金属構造物分科会議事録案の報告が行われ、本議事録案は承認された。

(4-3) 核融合専門委員会、非金属構造物分科会 合同協議【資料 70-6/25-6】

戸張氏より資料 70-6/25-6 に従い全体計画の進捗の説明がなされた。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 と金属の接着技術の確立に向けた試験計画【資料 70-7/25-7】

平塚氏より、トリウム閉じ込め境界となるFRPの気密構造部に適用するFRPと金属の接着技術の確立に向けた試験計画について報告がなされた。主な意見と今後の対応は以下の通り。

- FRP 気密部の規格化に向けて、試験の結果から実機の設計、品質保証に繋げるための戦略をより明確にすべき、との意見があった。
- 接着部の応力は接着する寸法の影響が大きい、小さな試験片のデータが実機寸法の設計に使用できるよう、試験内容を吟味すべき、との意見があった。
- 接着部の応力解析を実施する際は、異材境界の端部での応力の特異性に気を付ける必要がある、との意見があった。
- 接着の品質管理においては、接着部の表面粗さや接着プロセスの管理が重要であるため、管理項目の検討すべきように、との意見があった。
- 今後、これらの意見を反映して試験計画を見直すとともに、試験と解析を進めていくこととした。

(4-3-2) GFRP とエポキシ樹脂の動的粘弾性評価【資料 70-8-1/25-8-1】

黒木氏より、GFRP とエポキシ樹脂単体の動的粘弾性試験の比較結果が報告された。GFRP は、ガラス転移温度が上昇しても時間-温度移動因子は変わらないこと、またエポキシ樹脂単体と同じ時間-温度移動因子を示し、ガラス繊維の影響は無いことの報告があった。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 動的粘弾性の評価とクリープ強度の直接比較は難しいのではないか、ラーソンミラーパラメータなどで整理し直すべきとのコメントがあり、検討することとした。
- 上記の意見に対し、GFRP の圧縮クリープの破壊はガラス繊維の座屈による破壊であることから、ガラス繊維を支持している樹脂の特性が支配的になるため、動的粘弾性の評価により長期寿命の予測を試みることができるとの意見があった。
- 前回試験と今回試験における時間-温度移動因子の違いについて、材料ロットの影響と推定しているが、再確認すべきとのコメントがあり、検討することとした。

(4-3-3) GFRP のクリープ特性と長期使用に対する強度評価【資料 70-8-2/25-8-2】

黒木氏より、GFRP のクリープ特性と長期使用に対する強度評価について報告された。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 圧縮クリープの時間-ひずみデータがなめらかに増加していないことから、試験片に損傷が起きていないか質問があり、今後試験片の詳細を観察するとの回答があった。

- クリープ変形は、実機ではどう扱うのかとの質問があり、ほとんど変形しないので、考慮しないことを考えており、後日根拠を示すとの説明がなされた。

(4-3-4) 設計係数検討のための材料試験【資料 70-9/25-9】

河村氏より、設計係数検討のための材料試験の一環で実施した GFRP の損傷観察結果について報告された。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 損傷の定義があいまいであり、き裂の長さを測るのは本筋では無く、特定の個所が損傷を代表するものとは限らない。損傷を観察した結果をどのように規格に反映するかは難しく、マイクロ損傷を規格に反映しようとするのと却って厳しい規格になるのではないかと危惧する。マクロな状態を見て、例えば 0.5%オフセット応力の時点でどの程度低下したかなどの観点でまとめた方が現実的であるとの意見があった。
- 実機は高電圧環境下で使用されるので、損傷の耐電圧に及ぼす影響を把握しておくべきであり、その際にはマイクロな対象ではなくマクロな対象で評価とすべきであるとの意見があった。
- いただいたコメントを参考にして検討を進めることとした。
- また、本検討内容(マイクロ損傷観察結果)を規格要件に含めることは想定しておらず、解説に記載することを考えている、との補足説明があった。

(4-3-5) (専門委員会コメント対応①)フェリシティー比(FR)と除荷時ヤング率低下の相関について【資料 70-10-1/25-10-1】

中嶋氏より、FR と除荷時ヤング率の低下率の相関関係を定量的に評価した結果、両者には相関があることが確認されたとの報告があった。

(4-3-6) (専門委員会コメント対応②)引張荷重で発生する応力およびひずみに与える材料異方性の影響解析【資料 70-10-2/25-10-2】

黒木氏より、引張荷重で発生する応力およびひずみに与える材料異方性の影響解析について報告された。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 異方性はどのように与えているのかとの質問があり、等方性材料模擬モデルでは縦横の弾性率とポアソン比を用いる計算式よりせん断弾性係数を求め、異方性材料模擬モデルでは実測値を使用することで区別しているとの説明があった。
- 今回の検討で得られた計算値は、繊維に対し 45° 方向に引張試験を行い得られた応力ひずみ曲線に乗らないので、本検討を実機に活用できないのではないかと意見があった。
- 異方性材料の解析モデルとして全体モデルを使うべきであり、1/4 対称モデルを使うべきではない。また、テンソル解析でも比較的簡単に計算できるのではないかと意見があった。

- 上記の意見に対し、単純な薄肉円筒や引張試験を模擬する解析と接着部の三次元形状を模擬する解析とが混同した議論となっているため、問題を整理して対応を検討することとした。

(4-3-7) (専門委員会コメント対応③) GFRP 物性値のばらつきについて(ポアソン比、ヤング率、線膨張係数)【資料 70-10-3/25-10-3】

黒木氏より、GFRP 物性値のばらつきについて、ガラスクロス繊維の織ピッチよりも長いひずみゲージを用いて測定することでばらつきが抑制されることが報告された。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 測定方法、ばらつきの考え方の妥当性及び設計への適用についての意見があった。測定方法は JIS 規格に従っており、妥当であると考えていること、ゲージ長に関しては 5mm でばらつきを抑えられると考える旨の説明があった。

(4-4) その他

- 定例の会議では不足する議論もあるので、今後テーマ毎に有志による作業部会を実施することとした。

(5) 審議事項

(5-1) 委員の再任・退任

(1) 核融合専門委員会委員の退任、新任【資料 70-13】

- 角舘委員(QST)が 2020 年 6 月 25 日付を以て退任との報告がなされた。
- 新委員に戸張博之氏(QST)を推薦することが承認された。

(6) その他

次回の第 71 回核融合専門委員会は、今回と同様第 26 回 非金属構造物分科会と合同で、9 月 10 日(木)または 9 月 11 日(金)に Web 会議で実施することとなった。

以上