

第 66 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：2019 年 5 月 28 日（火）13:30～17:00

2. 場 所：日本機械学会 第 4・5 会議室

3. 出席者：委員 9 名、欠席者 3 名、オブザーバー 3 名、事務局 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）、宮口（IHI）、中田（金沢工大）、井岡（東芝 ESS）、宇野（金属技研）、鈴木（日立）、角舘（QST）

オブザーバー：中島（QST）、黒木（QST）、梅田（QST）

欠席者：中曽根（東理大）、中村（IHI 検査計測）、一ノ瀬（日立化成テクノサービス）

事務局：中山

（以上敬称略）

4. 配布資料

資料 66-1	第 66 回核融合専門委員会議事次第（案）
資料 66-2	第 66 回核融合専門委員会配布資料リスト
資料 66-3	第 65 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 66-4	第 89 回発電用設備規格委員会 議事録（案）
資料 66-5	第 20 回金属構造物分科会 活動報告
資料 66-5-1	第 20 回金属構造物分科会 議事録（案）
資料 66-6-1	FMJJ1 引張試験結果に関する考察及び今後の対応について
資料 66-6-2	HIP 拡散接合部の疲労特性
資料 66-7	第 21 回非金属構造物分科会 活動報告
資料 66-7-1	第 21 回非金属構造物分科会 議事録（案）
資料 66-8-1	設計係数合理化のための試験結果報告
資料 66-8-2	クリープ試験結果報告
資料 66-9	核融合専門委員会の委員について
資料 66-9-1	核融合専門委員会委員名簿
資料 66-10	金属構造物分科会の委員について
資料 66-10-1	金属構造物分科会委員名簿
資料 66-11	非金属構造物分科会の委員について
資料 66-11-1	非金属構造物分科会委員名簿
資料 66-12	NBI 装置用絶縁構造体構造規格文案の審議について
資料 66-12-1	FN-1000 一般要求事項
資料 66-12-2	APPENDIX 11 NBI 絶縁構造体に対する有資格検査
資料 66-12-3	APPENDIX 12 NBI 絶縁構造体における規格専門エンジニアの責務
資料 66-12-4	APPENDIX 1A 品質保証プログラムの実施に関する指針
資料 66-12-5	FN-2000 材料
資料 66-12-6	APPENDIX 21 複合材料特性試験
資料 66-12-7	FN-3000 設計
資料 66-12-8	FN-4000 製造
資料 66-12-9	APPENDIX 41 絶縁構造体製造要領確認試験
資料 66-12-10	FN-5000 試験
資料 66-12-11	APPENDIX 5A 耐圧 AE 試験（案）

5. 議事

(1)開会

橋爪委員長より開会が宣言され、定足数の確保を確認した。

(2)議事次第確認、配付資料確認【資料 66-1, 66-2】

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 66-3】

事務局より第 65 回核融合専門委員会議事録案の報告が行われ、以下の修正を行う事を前提として、本議事録案は承認された。

- (4-1) 「HIP 拡散接合部の疲労試験よして」を「HIP 拡散接合部の疲労試験結果として」に修正
- (4-4) 「ASEME X」を「ASME Section X」と修正
- (4-4) 「2 次系相互作用損傷基準」を「2 次形式相互作用損傷基準」と修正
- (5-1) 「2018 年 3 月末」を「2019 年 3 月末」に修正
- 規格ナンバーの識別記号 FN は半角に統一

(4) 報告事項

(4-1) 第 89 回発電用設備規格委員会報告【資料 65-4】

角館委員（橋爪委員長の代理出席）より、標記発電用設備規格委員会にて協議された本委員会関連の主な報告は以下のとおり。

- 核融合専門委員会の委員として一ノ瀬氏の新任が了承されたこと
- 核融合専門委員会活動として NBI 絶縁構造物の規格案の一つである FN-3000 の強度則及び長期荷重下でのクリープの考え方について協議を行ったこと

(4-2) 第 20 回金属構造物分科会 活動報告【資料 66-5、66-5-1】

角館委員より資料 66-5 に従い金属構造物分科会活動報告として、超伝導マグネット構造規格の保守の一環として実施した①FMJJ1 引張試験結果に関する考察及び今後の対応、②HIP 拡散接合部の疲労特性について概略報告の報告のあと、引き続き中嶋氏より資料 66-6-1 及び 66-6-2 に基づいて詳細な報告が行われ、分科会の協議結果などについて専門委員会としての対応を協議した。主な協議の内容は以下のとおり。

(4-2-1) FMJJ1 引張試験結果に関する考察及び今後の対応

第 61 回専門委員会にて「試作材 FMJJ1 の規格値に比較し、実機材 FMJJ1（量産品）の規格値に低下傾向がみられたが、化学組成及び結晶粒度には顕著な差異はなく、現時点では原因不明であり、継続調査する」ことを報告している。今回、試験片の採取位置と採取方向に着目して再整理した結果、試作材で決めた規格値は L 方向、T 方向のデータに基づいて決定しているのに対し、実機材 FMJJ1 は最も低いデータが得られると予想される T 方向のみのデータを整理したため、規格値が低下傾向となったことが報告された。

上記の報告を受け、規格値の妥当性を確認する観点で、実機材 FMJJ1 の $1/4t$ ($1/2w$) の位置データのみで統計処理を行うこと、および常温の引張強度から 4K の引張強度を推定するロジックの確認などを行った後に再度、専門委員会で協議することとした。

(4-2-2) HIP 拡散接合部の疲労特性

適切な HIP 処理を施した HIP 継手は、JSME 超伝導マグネット構造規格（2017 版）規格に定めた引張特性および疲労特性を満足したことが報告された。一方、結晶粒度が疲労強度に及ぼす影響を調査するために、溶体化処理母材（粒度 3.1）、1150℃溶体化（粒度-2.1）、1300℃溶体化（粒度-3 より粗粒）のそれぞれの試験片に対し、応力振幅 700MPa サイン波（荷重制御）、4K 疲労試験を実施した結果、HIP 処理による母材結晶粒が粗粒になるほど、疲労強度が低下していることを確認できたことが報告された。今後、この疲労特性結果は超伝導マグネット構造規格（2017 版）の APPENDIX 4B に追加するための作業を進めることとした。

(4-3) 第20回非金属構造物分科会報告【資料65-5、65-5-1】

角館委員より資料66-7に従い非金属構造物分科会活動報告として、規格案文の技術的検証の一環として実施した①設計係数合理化のための試験試験結果、②クリープ試験結果についての概略報告されたあと、引き続き黒木氏、梅田氏よりこれら2つの試験結果について、資料66-8-1及び66-8-2に基づいて詳細な報告が行われ、協議した。

(4-3-1) 設計係数合理化のための試験結果報告（黒木氏報告、資料 66-8-1）

FN3000 設計では ASME Section X に準拠し設計係数を 6 としている。この設計係数をさらに合理化するために、(1) アコースティックエミッション (AE) を利用して設計係数を決める基準として、 $FR < 0.95$ に着目し整理した結果、応力は約 88MPa であり、設計係数 3 に相当することがわかったこと。(2) 真空含浸法以外の成形法で成形した FRP での AE エネルギーの発生挙動が全く異なることから AE を利用して設計係数を決めるためには、樹脂や成形法を限定する必要があること、などを報告した。特段のコメントはなかった。

(4-3-2) クリープ試験結果報告

- ・動的粘弾性試験法は樹脂の粘弾性評価として適用される手法であり、GFRP の試験片はガラス含有率 50%程度であるため、繊維の影響を強く受けていると考えられることから、動的粘弾性試験により求めた時間温度移動量 1.6 は樹脂の特性をきちんと評価できていないのではないかという懸念があることから、繊維の影響を加味した時間温度移動則を確認するため、時間移動量が 1.6 となる温度を見極める短期間（数百時間）の一定荷重下で、温度を変えたクリープ試験を実施し、クリープコンプライアンスを用いて時間-温度移動量を求める非金属構造物分科会の提案は妥当であるとのコメントがなされた。
- ・時間温度換算則を適用したクリープ破断の予測では、GFRP 成型時のガラス転移温度 (T_g) より低い 120℃の一定温度で荷重を変えてクリープ破断応力を測定したが、120℃ で 3 時間以上の加熱により架橋反応が進み、ガラス転移温度 (T_g) が変化している試験片があることから、非金属構造分科会からの提案である① T_g がほとんど変化しない温度 (90℃前後) で半年以上のクリープ加速試験を実施するとともに、②クリープ試験データの信頼性を上げるために、運転温度である 65℃でのクリープ試験を追加することが妥当であるとのコメントがなされた。

(5) 審議事項

(5-1) 委員の再任・退任

(5-1-1) 核融合専門委員会委員の再任【資料66-9、66-9-1】

橋爪委員、中平委員、宇野委員の再任が全会一致で了承された

(5-1-2) 金属構造物分科会委員の退任報告【資料66-10、66-10-1】

牧野委員（東芝）が 2019 年 6 月末日の任期満了を以て退任との報告がされた。

(5-1-3) 非金属構造物分科会委員の再任【資料66-11、66-11-1】

中田委員、平野委員、角館委員の再任が全会一致で了承された。

(5-2) NBI 装置用絶縁構造体構造規格文案の審議について

角館委員及び中嶋氏より、これまで非金属構造物分科会にて協議を重ね、取りまとめた以下に示す 1 セットの規格文案の概要が説明された。

資料 66-12-1 FN-1000 一般要求事項

資料 66-12-2 APPENDIX 11 NBI 絶縁構造体に対する有資格検査

資料 66-12-3 APPENDIX 12 NBI 絶縁構造体における規格専門エンジニアの責務

資料 66-12-4 APPENDIX 1A 品質保証プログラムの実施に関する指針

資料 66-12-5 FN-2000 材料
資料 66-12-6 APPENDIX 21 複合材料特性試験
資料 66-12-7 FN-3000 設計
資料 66-12-8 FN-4000 製造
資料 66-12-9 APPENDIX 41 絶縁構造体製造要領確認試験
資料 66-12-10 FN-5000 試験
資料 66-12-11 APPENDIX 5A 耐圧 AE 試験(案)

いただいた以下のコメントについては次回の専門委員会まで検討することとし、上記の 1 セットの規格文案については技術的な観点から規格文案を確認するために 6 月初旬から 3 週間程度で「ご意見伺い」を実施することが全会一致で了承された。

- ・ FN-1440.9 に溶接の記載があるが FRP 円筒だけの場合には溶接は無いのではないかと質問に対し、金属を埋め込んだ場合には溶接があるので、表記を残しているとの回答がなされた。
- ・ FN-2221 では「規格品以外のガラスクロスも使用できる」と記載されているので材料の制限がされていないというコメントがあり、制限を設けて材料を絞り込む必要があるため、「JIS R3414 で定める規格品と同等のガラスクロスも使用できる」と修正する方向で検討する、という回答がなされた。
- ・ FN-3250 について、「疲労破壊の考慮を必要としない」を「疲労破壊の評価を必要としない」に修正する。
- ・ FN-4212 に記載の「軸方向(胴部の高さ方向)に十分な幅を持つ」という表現は理解しにくいというコメントがあり、文案を見直すこととした。
- ・ FN-4220 「縦繊維が周方向、横繊維が軸方向」を「たて糸が周方向、よこ糸が軸方向」と修正する。
- ・ FN-2000 で定義する「特性値」と APPENDIX 41 で定義する「規格値」について、規格の中でこれら 2 つの値の位置付けについてコメントがあり、「特性値」は FN-2000 の成形仕様書に基づいて成形した板材から採取した試験片から得た引張強度などの強度データであり FN-3000 の設計を行うために使用する。一方、「規格値」は FN-5000 の製造仕様書に基づいて製造したプロトタイプ(円筒)から採取した試験片から得られた強度データと「特性値」との間で比較検討を行い決定する値であり、決定した規格値は、FN-5000 で定める実機製作後に、実機から採取する試験片による引張試験などの強度データの可否を判定するための基準値となる。という回答がなされた。
- ・ 通常運転時の設計条件では外圧の方が高いが、耐圧試験は内圧の設計圧力で行う方針について、その妥当性を問うコメントがあった。これに対し、外圧/内圧の両方の耐圧試験を課すことは可能であるが、外圧による座屈を防止する設計を行っているので、内圧による試験で耐圧性能を確認することにしている。という回答がなされた。

(6) その他

次回の第 67 回核融合専門委員会は規格委員会の日程を考慮し 8 月 30 日(金)とし、場所は日本機械学会 第 2 会議室とした。

以上