

第 67 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 8 月 30 日（金）13:30～17:00
2. 場 所：日本機械学会 第 2 会議室
3. 出席者：委員 10 名、欠席者 2 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）、
一ノ瀬（日立化成テクノサービス）、角舘（QST）、
オブザーバー：中嶋（QST）、石川（QST）、黒木（QST）
欠席者：中曾根（東理大）、中村（IHI 検査計測）
事務局：中山

（以上敬称略）

4. 配布資料

- | | |
|-----------|--|
| 資料 67-1 | 第 67 回核融合専門委員会議事次第（案） |
| 資料 67-2 | 第 67 回核融合専門委員会配布資料リスト |
| 資料 67-3 | 第 66 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 67-4 | 第 90 回発電用設備規格委員会 議事録（案） |
| 資料 67-5 | 第 22 回非金属構造物分科会 活動報告 |
| 資料 67-5-1 | 第 22 回非金属構造物分科会 議事録（案） |
| 資料 67-6-1 | 設計係数合理化のための試験結果報告（AE の代替としてのひずみデータ活用検討） |
| 資料 67-6-2 | 面内せん断試験結果 |
| 資料 67-7 | 核融合専門委員会の委員について |
| 資料 67-7-1 | 核融合専門委員会委員名簿 |
| 資料 67-8 | 非金属構造物分科会の委員について |
| 資料 67-8-1 | 非金属構造物分科会委員名簿 |
| 資料 67-9 | 「メール審議 No. 6（NBI 装置用絶縁構造体構造規格文案に対するご意見伺い）」のご意見に対する回答（回答資料-1） |
| 資料 67-9-1 | 「メール審議 No. 6（NBI 装置用絶縁構造体構造規格文案に対するご意見伺い）」のご意見に対する回答（回答資料-2） |

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 67-1, 67-2】

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 67-3】

事務局より第 66 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。

- P. 2 (4-2) 1 行目「超**電**導マグネット構造規格」⇒「超**伝**導マグネット構造規格」
- P. 2 (4-2) 3 行目「報告のあと、、」⇒「報告のあと、」
- P. 2 (4-2) (1) 最終行「**専門員**会で協議」⇒「**本委員会**で協議」
- P. 2 (4-2) (2) 1 行目「HIP **接**手」⇒「HIP **継**手」
- P. 2 (4-2) (2) 1 行目「JSME 超**電**導」⇒「JSME 超**伝**導」
- P. 2 (4-2) (2) 6 行目「この疲労特性結果は超**電**導」⇒「この疲労特性結果を**超伝導**」

- P.2 (4-2) (2)7 行目 「追加するための**規格の改訂**作業」⇒「追加するための作業」
- P.3 (4-3) (2)1 行目 「CFRP のクリープ」⇒「樹脂の粘弾性」
- P.3 (4-3) (2)2 行目 「50%程度のエポキシを使用しているため」⇒「50%程度であるため」
- P.3 (4-3) (2)3 行目 「繊維の影響を」⇒「樹脂の特性を」
- P.4 19 行目 「軸方向(**同部**の高さ方向)」⇒「軸方向(**胴部**の高さ方向)」
- P.4 21 行目 「たて糸が**軸**方向、よこ糸が**周**方向」⇒「たて糸が**周**方向、よこ糸が**軸**方向」

(4) 報告事項

(4-1) 第 90 回発電用設備規格委員会報告【資料 67-4】

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以下の報告／審議がなされたことが報告された。

- 核融合専門委員会委員の再任（橋爪委員、中平委員、宇野委員）に関わる審議を実施した。
- ITER 向け超伝導コイル用鋼材 FMJJ1 実機品の引張試験結果が、試作品に比べ低下していた原因は、製品品質ではなく、試験片の採取方向及び位置の相違であったことが確認された。
- HIP 拡散接合部の疲労特性について、結晶粒度が粗くなると疲労強度が低下することが確認され、本知見を反映し、超伝導マグネット構造規格の APPENDIX 4B を改訂することを検討することとした。
- GFRP 円筒胴本体について「NBI 装置用絶縁構造体構造規格」（案）が纏まり、「ご意見伺い」のメール審議を 6/4～6/25 の期間で実施中である。

(4-2) 第 21 回金属構造物分科会 活動報告【10 月開催予定のため報告事項なし】

(4-3) 第 22 回非金属構造物分科会報告【資料 67-5、67-5-1】

角館委員より資料 67-5 に従い①GFRP の機械特性に関わる試験結果、および②メール審議 No. 6 のご意見に対する回答案についての協議結果について報告された。

また、GFRP の機械特性に関わる試験結果報告につ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

(AE の代替としてのひずみデータ活用検討) (資料 67-6-1)

GFRP の損傷程度に応じた設計係数を AE を利用した方法で求めるためには、AE に関する専門性が要求されるため、AE より簡便で引張試験では必須となる応力-ひずみ線図 (SS 線図) を利用した方法の適用について検討を行った。FR 測定時に実施した負荷除荷パターンをくり返すことにより、ヤング率が低くなることに着目し、除荷時のヤング率と初期のヤング率との比が 0.95 となる応力を求めたところ、この応力は 0.05%オフセット応力、あるいはフェリシティ比 (FR) が 0.95 となる応力に相当することが判明し、これにより、AE より簡便な SS 線図を利用する方法の有効性が確認された。今後、GFRP の損傷とヤング率の低下との関係性を検討することで、GFRP の損傷程度に応じた設計係数の決定を進めることとした。

主な協議内容は以下のとおり。

- GFRP 製品の設計基準はどのようなものが使われているのかとのコメントがあった。これに対し、FRP 構造設計便覧に従った設計基準は、基準値に環境係数などを割り増して、結果として 3～4 になるようなものがある。圧力容器になると ASME では 6 になっている。GFRP 製品の設計基準については、非金属構造物分科会でも説明しているので、必要に応じて改めて紹介することとした。

- GFRP の損傷の基準として $FR<0.95$ を採用しているが、この根拠について質問があり、この基準は ASME Sec. X に規定されている圧力容器の AE による検査基準であるとの回答があった。
- GFRP の破損開始は間違いなく音で出てくると思われるので、破損との関係は AE を指標にして整理することは理解しやすいが、より簡便な SS 線図による方法に置き換える場合、損傷との関係を理解することが重要であるとのコメントがあった。また、応力だけではなくひずみでも整理することが損傷との関係を理解するためには必要であるとのコメントがあり検討することとした。
- 金属と対比すると、 $FR<0.95$ 応力は塑性変形を開始する降伏応力に対応すると考えることができるようである。これをリミットセットなどの定義にどのように使うかは今後の課題であるとのコメントがあり、今後検討することとした。

(4-3-2) 面内せん断試験結果（黒木氏報告、資料 67-6-2）

面内せん断強度試験法である単純引張による $\pm 45^\circ$ 引張法とイオシペスク法とを比較した結果、それぞれの面内せん断強度は 73 MPa、117 MPa となり、単純引張による $\pm 45^\circ$ 引張法の方が、イオシペスク法より低い値（保守的な値）となることがわかった。現規格案では、イオシペスク法により面内せん断強度を求めるように規定しているが、今回の試験結果から試験の簡便さも考慮し、単純引張である $\pm 45^\circ$ 引張法も視野に入れ、面内せん断強度を求める試験法を再考することとした。

主なコメントは以下のとおり。

- 異方性があるので弱い方のせん断で壊れていると思われるとのコメントがあった。
- 繊維方向引張と 45° 方向（繊維と引張荷重のなす角度が 45° ）引張について異方性を考慮して応力解析を行い、試験結果との対比による異方性の効果を確認してはどうかというコメントがあり、対応することとした。
- 繊維は圧縮方向の負荷に対して強度メンバーにならないため、圧縮強度が心配であるとのコメントに対し、試験では圧縮強度は引張強度よりも強く、樹脂と繊維が一体化している限りは繊維が強度メンバーとして機能しているとの回答があった。

(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再任【資料 67-7、67-7-1】

井岡委員、中田委員の再任が全会一致で了承された。

(2) 非金属構造物分科会委員の再任【資料 67-8、67-8-1】

一ノ瀬委員、中村委員、金委員、鈴木委員、小林委員の再任が全会一致で了承された。

(5-2) 「メール審議 No. 6（NBI 装置用絶縁構造体構造規格文案に対するご意見伺い）」のご意見に対する回答について【資料 67-9、67-9-1】

メール審議 No. 6（NBI 装置用絶縁構造体構造規格文案に対するご意見伺い）のご意見に対する回答案について協議した結果、①回答案に従って規格案を修正すること、②規格の裏付けとなる試験を進めること、③規格の解説をつけること等が決定された。このため、次回（11 月）までに規格の修正案等をまとめることとした。主な協議結果は以下のとおり。

- 各条文に記載していた製造方法などの前提条件・制約条件は FN-1000 に一括して記載するようコメントを受け、条文案を見直すこととした。
- 6. (2) 項の縦弾性係数とクリープ試験について、弾性係数に及ぼす大気、温度の影響について試験を実施するとあるが、荷重による劣化と熱による劣化の区別が付けられるのかとのコメント

に対し、弾性係数確認用の試験片はクリープ試験片と同じ炉に入れるが荷重はかけないので区別可能との回答があった。

- 9. (3) 項において、図 7 の説明では試験片の表面加工の影響はないとあるが、図 9 では両者はかなり異なっているように見えるとのコメントがあり、次回委員会までに再度データを見直すこととした。
- 時間の都合上、資料の P. 13 以降は各委員に確認頂き、コメントなどを事務局へ連絡頂くこととした。

(6) その他

次回の第 68 回核融合専門委員会は規格委員会の日程を考慮し 11 月 26 日（火）とし、場所は日本機械学会 第 1 会議室とした。

以上