

第 69 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 2 月 18 日 (火) 13:30～17:00
2. 場所 : 量子科学技術研究開発機構 東京事務所 第 1 会議室
3. 出席者: 委員 8 名、欠席者 4 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)、中田(金沢工大)、宮口(IHI)、
井岡(東芝 ESS)、鈴木(日立)、中村(IHI 検査計測)、角館(QST)
オブザーバー: 戸張(QST)、中嶋(QST)、平塚(QST)
事務局: 中山
欠席者: 清水幹事(三菱重工)、中曽根(東京理科大)、一ノ瀬(日立化成テクノサービス)、宇
野(金属技研)

(以上敬称略)

4. 配布資料

- | | |
|-----------|---|
| 資料 69-1 | 第 69 回核融合専門委員会議事次第(案) |
| 資料 69-2 | 第 69 回核融合専門委員会配布資料リスト |
| 資料 69-3 | 第 68 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 69-4 | 第 92 回発電用設備規格委員会 議事録(案) |
| 資料 69-5 | 第 24 回非金属構造物分科会 活動報告 |
| 資料 69-5-1 | 第 24 回非金属構造物分科会 議事録(案) |
| 資料 69-5-2 | 設計係数の考え方 |
| 資料 69-5-3 | FRP と金属の接合による FRP 絶縁管のシール構造検討 |
| 資料 69-5-4 | 専門委員会コメント対応①(ポアソン比およびヤング率のばらつきについて) |
| 資料 69-5-5 | 専門委員会コメント対応②(引張荷重で発生する応力に与える材料異方性の影
響解析) |
| 資料 69-5-6 | 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 |
| 資料 69-5-7 | NBI 装置用絶縁構造物構造規格に対する課題と対応計画 |
| 資料 69-6 | 金属構造物分科会の委員について |
| 資料 69-6-1 | 金属構造物分科会委員名簿 |
| 資料 69-7 | 非金属構造物分科会委員について |
| 資料 69-7-1 | 非金属構造物分科会委員名簿 |
| 資料 69-8 | 核融合専門委員会名簿 |

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 69-1、69-2】

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 69-3】

事務局より第 6 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。

- 「フェリシティー比(FR) < 0.95」は「フェリシティー比(FR) 0.95 未満」に修正する
- 議事録 (4-2-1-2)の一部の記述において、実測データが設計疲労線図より低い部分があるように誤解を与える記述があったため、議事録の文章を修正するよう意見があった。委員会後、この部分の記述は以下のように修正した(下線部が修正箇所)。

「規格で規定している設計疲労線図は 10^3 回から 10^7 回の範囲で与えられている。3000回から10000回の間は、全データの近似で求めた最適疲労曲線を強度で1/2 下げて設計疲労線図を引いているが、試験の制約もあり、この間の実測データは最適疲労曲線の下側の応力レベルでしか測定されていない。このため、設計疲労線図の表示範囲の下限を見直す必要があるかどうかを協議した。この結果、設計疲労線図は滑らかに連続であるべきであること、ITER の運転でも 10000 回以下の設計疲労線図が必要であることから、協議の結果、現状のままとすることとした。」

(4) 報告事項

(4-1) 第 92 回発電用設備規格委員会報告【資料 69-4】

角館委員(橋爪委員長の代理出席)より 12/17(金)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。

- 超伝導マグネット構造規格の保守の一環として①FMJJ1 の引張試験結果に基づく規格値の見直しや②HIP 継手の疲労試験結果に基づく設計疲労線図の見直しについて協議を継続していること。
- 核融合原型炉用 TF コイル構造材料(暫定目標として 4K 0.2% 耐力 1600MPa)の開発計画および材料試験計画について今後、協議を開始すること。
- メール審議 No.6 (NBI 絶縁構造(GFRP 製)規格案のご意見伺い)の対処案について協議中であること。

(4-2) 第 24 回非金属構造物分科会 活動報告【資料 69-5】

戸張氏より資料 69-5 に従い 1 月 30 日に開催された第 24 回非金属構造物分科会の活動報告として、設計係数の考え方、FRP 絶縁管のシール構造の検討結果、今後の工程などの説明がなされた。続いて以下の詳細報告があり、内容について協議した。

(4-2-1) 設計係数の考え方【資料 69-5-2】

同一試験片に対して、ひずみゲージを用いた応力-ひずみ曲線の測定、および AE を用いたフェリシティー比の測定を室温、65℃で実施し、以下を確認したことが報告された。

- 室温、65℃において、損傷開始の指標として除荷時のヤング率が初期値から 5%低下する応力にほぼ対応する 0.05%オフセット応力を基準強度として採用することができる。
- FR0.95 未満応力に関しては、室温同志、室温と 65℃の比較で整合性のない結果が得られたため、さらなる検討を進め、解説でデータを使用できるよう検討する。

主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- FR と除荷時ヤング率の低下率の相関関係を定量的に示す必要があるとの意見があり、評価結果を報告することとなった。
- 円筒部については、ITER 実機の運転時の応力に対し、設計裕度が非常に大きいことから、規格を早期に成立させるためには、保守的な設計係数を採用した規格の初版を作成し、より設計が困難な気密構造部の設計に議論を集中させるのが良いのではないかと、気密構造部には別途設計係数を設けるなどの工夫をするべき等の意見があり、検討することとした。

(4-2-2) FRP と金属の接合による FRP 絶縁管のシール構造検討【資料 69-5-3】

トリチウム閉じ込め境界となる FRP の気密構造部について、FRP と金属を接着することにより気密を確保する構造の検討結果について報告があった。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 熱応力により FRP 上下の角部(段差部)で応力が集中し、接着部が剥がれてしまう可能性が高く、応力集中を緩和する構造とする必要があるとの意見があった。
- 粘度の低い接着剤は接着強度が低いことが課題であり、気密部と接着部を分けて異なる接着剤を用いるなどの工夫が必要であるとの意見があった。
- 接着強度を高めるためには接着面積を大きく確保する必要があり、接着部水平型のように接着面積の大きい構造を採用すべきではないかとの意見があった。
- 今後、上記の意見を参考に、応力集中を緩和する構造を検討するとともに、使用する接着剤の種類や製作方法について検討を進めることとした。

(4-2-3) 専門委員会コメント対応①(ポアソン比およびヤング率のばらつきについて)【資料 69-5-4】

第 23 回分科会及び第 68 回専門委員会のコメントである、FRP のポアソン比及びヤング率のばらつきの原因について試験データを整理した結果を報告した。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 試験方法によるばらつきでないことを確認するため、表面のひずみゲージの結果のみ、

あるいは裏面のひずみゲージの結果のみから平均値及び標準偏差をそれぞれ求め、それぞれの面のデータに不備がないことを確認すべきとの意見があった。

- FRP の各部からサンプルを取ってきたとしても平均値は大きく変わらず、ばらつきはある範囲内に収まるということを示す必要があるとの意見があった。
- ポアソン比及びヤング率と同様に、熱膨張係数の値にも同様にばらつきがあるのではないか、FRP-金属の接着部の熱応力を、現在の $7.6 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ で設計するのが妥当であるのか、確認すべきとの意見があった。
- 今後、上記の意見をもとに、データを精査することとした。

(4-2-4) 専門委員会コメント対応②(引張荷重で発生する応力に与える材料異方性の影響解析)
【資料 69-5-5】

第 67 回専門委員会コメントである、面内せん断試験のイオシペスク法と $\pm 45^\circ$ 引張法について、 $\pm 45^\circ$ 引張法の方が面内せん断強度が低くなる理由を調べるための解析の進捗状況について報告した。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 第 67 回専門委員会コメントでの異方性に対するコメントは、繊維方向のヤング率の違いではなく、せん断弾性係数の違いに対する依存性を確認すべきとのコメントであるとの意見があった。
- $\pm 45^\circ$ 引張法の解析モデルの拘束条件について、実際の引張試験を模擬できる拘束条件とすべきとの意見があった。
- 今後、これらの意見を反映した解析を行うこととした。

(4-2-5) 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【資料 69-5-6】

- メール審議 No.6 (NBI 絶縁構造 (GFRP 製) 規格案のご意見伺い) の対処案について、現在の検討状況と規格案の最終化に向けた今後の予定が示された。

(4-2-6) NBI 装置用絶縁構造体構造規格に対する課題と対応計画【資料 69-5-7】

ITER NBI の概要及び NBTF の現状について説明とともに、HV ブッシング用 FRP 絶縁管、ディスクブッシング、絶縁冷却水配管を含む NBI 絶縁構造体規格の策定工程について説明があった。主な意見と今後の対応は以下のとおり。

- 本規格は FRP 絶縁管 (円筒部及び気密構造部)、ディスクブッシング、絶縁冷却水配管を含む一つの規格として策定し、初版では円筒部以外は TBD として順次改訂していく方針が良いが、そのためには、最初に規格の全体構成 (建付け) をしっかりと作るべきとの意見があった。
- 本規格には、NBI 絶縁構造体が満たすべき電気絶縁性能について、ITER 運転時の要求と、それを満たすことを確認する試験についても含めるべきとの意見があった。
- 今後、上記の意見を反映して、規格の全体構成と円筒部の条文作成を進めることとした。

(5) 審議事項

(5-1)委員の再任・退任

- (1) 金属構造物分科会委員の退任、再任【資料 69-6、69-6-1】
 - ・水野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退任、再任、新任【資料 69-7、69-7-1】
 - ・角舘委員の退任が報告された。
 - ・戸張委員の幹事就任、平塚氏(QST)の新任が全会一致で承認された。

(6) その他

次回の第 70 回核融合専門委員会は、5 月 22 日(金)13:30 から、量子科学技術研究開発機構 東京事務所 第 1 会議室で実施することとなった。(6/24 に延期となった。)

以上