

2019年度第3回タイプ2複合容器蓄圧器技術文書検討分科会議事録

1. 日 時： 2020年3月26日（木） 14:00～16:00
2. 場 所： （一財）石油エネルギー技術センター第1・2会議室
3. 出席者
委員： 辻主査（東京電機大）、吉川委員（東京大学）、小川委員（青山学院大学）、
小茂鳥委員（慶應義塾大学）、澁谷委員（横浜国立大学）、小林委員（首都大学東京）
事務局： 小林・福本・佐藤（JPEC）
TFメンバー： 山田様（KHK）、荒島様（JSW）岡野様（JFE スチール）、高野様（JFE コンテイナー）
オブザーバー： 後藤様・越畑様（三菱ケミカル）、林・東條（JPEC）

4. 配布資料

- 2019 資料 06 2019 年度第 2 回タイプ 2 複合容器蓄圧器技術文書検討分科会議事録(案)
2019 資料 07 タイプ 2 複合容器蓄圧器技術文書検討分科会 -検討課題-

5. 議事概要（主な質疑、意見等）

(1)2019 年度第 2 回分科会議事録の確認（2019 資料 06）

- ・ 事務局より前回議事録（案）が提案され、承認された。

(2)タイプ 2 技術文書の審議（2019 資料 07）

<スライド#4-7 最大使用期間 20 年の根拠>

- ・ CFRP 層に発生するひずみが許容ひずみ（破断ひずみ×40%）以下となるように設計すれば、20 年間で蓄圧器を使用する場合に想定される繰り返し回数（73 万回）に対して、CFRP 層の疲労寿命は十分な裕度を有している。従って、CFRP 層の疲労特性の観点からも最大使用期間を 20 年とすることに問題は無いと考える。（承認事項）
- ・ 同様に、CFRP 層に発生するひずみが許容ひずみ以下となるように設計すれば、CFRP 層の疲労寿命は実用上十分な裕度を有することから、タイプ 2 技術文書では CFRP 層の疲労解析は要求しない。（承認事項）

<スライド#8-12 PITCH 系炭素繊維の使用>

- ・ PITCH 系 CFRP であっても、許容ひずみ以下で設計すればタイプ 2 に使用可能である。（承認事項）
- ・ 炭素繊維の破断ひずみに近い負荷で疲労試験をすると、炭素繊維そのものが破断して試験片が破断する（疲労ではない）。一方、炭素繊維の破断ひずみより小さい負荷で試験すれば、樹脂の疲労や界面の破壊（これが CFRP 材料の疲労現象）が起きて試験片が破断する。このメカニズムは炭素繊維の種類による違いは無いと考えている。（事務局）
→今回示された PITCH 系 CFRP の疲労試験は全て破断ひずみに近い条件で試験している。例えば破断ひずみの半分程度で疲労試験して、疲労メカニズムから予測される通り長寿命であったというデータは確認していないか？（委員）

→今回示した疲労試験と試験片形状等が異なるが、破断ひずみの 50%で試験して 10⁷ 回未破断というデータはある。(疲労試験片を回覧) 同じ条件で PAN 系試験片も実施しているが、PAN 系はボロボロになっているが、PITCH 系は目視では全く変化が起きていない。(委員)

→バックデータとしてそのようなデータがあれば安心できる。(委員)

- ・ 説明資料に PAN 系 CFRP と PITCH 系 CFRP の破壊現象は同様の記載があるが、今回示された試験結果においては同様では無い。PAN 系は樹脂の疲労現象が現れているが、PITCH 系は樹脂の疲労では無く炭素繊維の破断であり、資料の記載内容を修正すべきである。(委員)
→樹脂単体の疲労線図があると理解しやすいのだが、疲労試験で PITCH 系 CFRP に負荷されるひずみは樹脂の疲労強度よりもかなり小さいので、10⁷ 回くらいでは疲労現象は起きないと考えられる(委員)。
→今回提示した試験結果において PAN 系 CFRP と PITCH 系 CFRP は同様の破壊現象ではないこと承知しました。修正します。(事務局)
- ・ 安全裕度として、PAN 系 CFRP と PITCH 系 CFRP で同じ 40%でよいのか？(委員)
→先ほどの議論の通り、PITCH 系 CFRP は破断ひずみの 50%で疲労試験しても全く疲労しないことを確認している。40%は更に裕度を取っているといえるのではないか。(委員)
→PITCH 系 CFRP に発生するひずみは樹脂の疲労強度に対して十分小さいので、界面の破壊も起きない(疲労は全く起きない)と説明すべきではないか？そうすると、40%という裕度は更に安全側であるとえられる。(委員)
→蓄圧器で実用上必要な回数は 10⁶ 回程度までであり、その範囲の回数では PITCH 系 CFRP の疲労(樹脂の疲労や界面剥離)は起こらないと理解した。更に 40%という裕度を取ることで CFRP 層の疲労は設計で考慮する必要が無いと考えられる。(事務局)
- ・ 疲労試験結果には応力比を記載すること。またグラフの縦軸は、「maximum stress」「maximum strain」に修正願いたい。(委員)
→承知しました。(オブザーバー)

<スライド# 12-14 CFRP 引張試験方法と合否判定基準>

- ・ CFRP 引張試験は JIS K 7165 もしくは ASTM D 3039 に準拠して実施する。試験本数は最低 5 本とし、全数が CFRP 層の破断ひずみ以上で破断することを要求する。(承認事項)
- ・ CFRP 引張試験温度については、使用する樹脂の T_gを確認し、タイプ 2 設計温度が樹脂の T_gよりも十分低い場合は、CFRP 引張試験は室温で実施してよいことにする。(条件付き承認)
→十分低い温度の技術的根拠を示すこと。(委員)
→事務局で十分低い温度の根拠を調査し、次回報告する。(事務局)
- ・ JIS K 7165 および ASTM D 3039 という表記では、両方の規格で引張試験を要求すると解釈できるが、事務局の意図は？(委員)
→JIS K 7165 もしくは ASTM D 3039 いずれかの試験規格で引張試験を実施すればよいと考えている。(事務局)
- ・ CFRP 材料に及ぼす温度の影響については、金沢工業大学宮野先生が多数の報告をされており参考になるのではないか。(オブザーバー)
- ・ T_gの確認方法は引き続き TF で議論させていただく。(事務局)

<スライド# 15-20 CFRP 層ひずみに及ぼす熱変形の影響>

- ・ 技術文書適用温度範囲を考慮した温度変化 (-30℃→85℃) で生じる金属層熱膨張の影響を検証した結果、CFRP 層に発生するひずみは許容ひずみ以下に収まると試算された。技術文書では設計において温度の影響を考慮するように要求するが、計算方法までは規定しない。今回示した計算例は解説に記載する予定である。(承認事項)

- ・ 今回の熱膨張とは逆に、温度が低下してすき間が大きくなる場合の影響も考慮する必要がある。特に疲労寿命やき裂進展寿命等に影響する。(委員)
→承知しました。TFにて議論させていただく。(事務局)

<スライド#21-25 詳細応力解析の項目と判定基準>

- ・ タイプ2技術文書では破裂前漏洩(LBB)を成立させることを要求する。(承認事項)
- ・ LBBの評価方法は引き続きTFで議論させていただく。(事務局)

<スライド#26-28 自緊処理に関する課題(自緊圧力の上限)>

- ・ 自緊圧力上限についてはTFで検討中であり、次回の審議事項とさせていただく。(事務局)
- ・ 自緊処理でCFRP層の許容ひずみを超えなければCFRP層にダメージは無いと考えている。(事務局)
→PITCH系の場合、許容ひずみ以下で十分な自緊残留応力を付与できるのか?(委員)
→現在検討中であるが、PITCH系は破断ひずみ×67%以下まで必要かもしれない。ASME Sec.VIII Div.3では、耐圧試験圧力においてCFRP層に発生するひずみが破断ひずみの67%以下であることが要求されており、許容ひずみを1回超えることは認めていると解釈できる。(TFメンバー)
- ・ 自緊処理で67%のひずみが負荷された時に、CFRPの繊維と樹脂の界面に割れなどが起こり、疲労特性を低下させる恐れはないのか?(委員)
→PITCH系CFRPで、破断応力(破断ひずみ)の70%に対応する応力で疲労試験を行い、界面破壊は生じなかったという結果がある。(委員)
→引き続きTFにて議論いただく。(委員)

<スライド#29-30 外面ひずみ測定による製造の健全性確認方法>

- ・ タイプ2技術文書では、蓄圧器の製造状態を確認するために、内圧を負荷してCFRP層外面ひずみ測定を行うことを要求する。(承認事項)
- ・ 一方、いつ測定するのか、製造の工程なのか検査の工程のかなど、TFで再度議論が必要となったため、上記以外の承認事項は取り下げとする。(事務局)
- ・ 「健全性」という用語は不適當ではないか?(委員)
→承知した。次回までに文書化して改めて議論いただく。(事務局)

<スライド#31-32 耐圧試験、気密試験>

- ・ TFで議論を開始したところであるが、KHKS 0220の要求事項が引用可能であると考えられる。(事務局)

6. その他

- ・ 次回検討分科会は7/2(木)14:00~JPEC、に決定した。

以上