

第9回 超高压ガス設備分科会 議事録

I. 日時： 令和元年12月19日（木） 13：30～17：00

II. 場所： 高压ガス保安協会 第5会議室

III. 出席者（順不同、敬称略）：

主 査：小林

副 主 査：辻

委 員：朝田、荒島、寺田、高梨

K H K：加藤、富岡、磯村、山田、梶山、小池

IV. 議題：

- (1) 疲労に係る規定の見直しについて
- (2) 高压水素に係る規定の見直しについて
- (3) その他

V. 配布資料：

- 9資料1-1 KHKS 0220 の改訂項目について－疲労関係－（案）
- 9資料1-2 疲労に係る規定の本文改訂案
- 9資料2-1 高压水素に係る規定の対応について
- 9資料2-2 高压水素に係る規定の本文改定案
- 9資料2-3 附属書 XIV 案
- 9資料2-4 低合金鋼における疲労亀裂進展速度（九大データ）
- 9資料3 KHKS0220 の改定に係る書面投票（分科会）の実施について

VI. 議事概要：

1. 議題（1）疲労に係る規定の見直しについて

1. 1 疲労に係る規定について

9資料1-2に基づき、疲労に係る本文改訂案について、事務局が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) 最適疲労曲線による評価を主とし、設計疲労曲線による評価を副とし、附属書ではなく本文を改定する方針はよい。
- 2) 疲労解析の手順において、応力及び繰返し回数に対して標準偏差に基づく設計係数を考慮することは、陽な形で記載した方がよい。
- 3) ピーク応力の定義はどこに記載されているのか。ピーク応力は、一次応力と二次応力の和を線形化したときの付加分であるが、これが説明されているか。
→ 定義は JIS B 8266 附属書 8 によることとしているが、この説明は検討する。
- 4) 変動荷重をランダムな変動波形と説明しているが、ランダムではない変動波形も存在するため、ランダムという言葉は除いた方がよい。
- 5) 疲労限度の扱いについては、ISO 規格及び EN 規格での採用実績がある日本溶接協会の手法の方がよい。
- 6) 疲労強度の実験的評価は、現在も適用するケースがあるため、現行のままがよい。
- 7) 多層円筒胴による代替規定の根拠はなにか。JIS B 8248-2 の規定と同じか。
→ 根拠は確認する。なお、JIS B 8248-2 にこの規定はない。
→ 根拠は確認するが、特段問題がなければ現状の規定でもよい。
- 8) 記号の説明は、現行の本文とは異なるが、最初にまとめた方が読みやすいので案の方式がよい。
- 9) 標準偏差 3σ の場合の設計係数がないのはなぜか。
→ 原子力関係では Class 1 を対象としていたためである。 3σ の場合の設計係数についても算出し、値を追記する。
- 10) 簡易弾塑性解析の係数 K_e の説明がない。
→ JIS B 8266 附属書 8 による、又は本文に説明を加えることとする。

以上の結果、次の①から⑥の方針が決定された。

- ① 疲労に係る規定の構成は、現行の案をベースとする。記号又は用語の説明は、現行の案よりも明確にする。
- ② 疲労解析の手順において、標準偏差に基づく設計係数を使用することを明確にする。
- ③ 疲労限度の扱いは、日本溶接協会の手法を採用する。
- ④ 疲労強度の実験的評価は、現行のままとする。
- ⑤ 多層円筒胴による代替規定の根拠を確認する（寺田委員）。本規定は、根拠を確認した上で、特段問題がなければ、現行のままとする。
- ⑥ 標準偏差 3σ の場合の設計係数を算出する（朝田委員）。疲労解析の設計係数は、 2σ 及び 3σ の場合のものを規定する。

1. 2 2.25Cr-1Mo 改良鋼の標準偏差について

参考資料 3-3（非公開）に基づき、2.25Cr-1Mo 改良鋼の標準偏差について、事務局が説明を行った。この結果、次の①及び②の方針が決定した。

- ① 各温度において高サイクル側の疲労寿命から得られた標準偏差が、日本溶接協会の推奨値と一致するか検討する（事務局）。
- ② ①の検討結果より、日本溶接協会の推奨値と一致した場合は、日本溶接協会の設計係数の推奨値を採用する。

1. 2 オーステナイト系ステンレス鋼の疲労曲線について

参考資料3-1（非公開）に基づき、オーステナイト系ステンレス鋼の新設計疲労曲線における疲労限度の検討について、朝田委員が説明を行った。また、参考資料3-2（非公開）に基づき、オーステナイト系ステンレス鋼の最適疲労曲線の疲労限度近傍におけるデータ整合性について、高梨委員が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) 日本溶接協会の最適疲労曲線の定数項を $0.4\sigma_u$ としても、低サイクル側の疲労寿命に大きく影響はしない。高サイクル側においては、繰返し回数 10^9 , 10^{10} 回において、疲労限度がどの程度の値となるか確認が必要である。

以上の結果、次の①から③の方針が決定された。

- ① オーステナイト系ステンレス鋼の最適疲労曲線は、日本溶接協会の最適疲労曲線を採用し、定数項は $0.488\sigma_u$ から $0.4\sigma_u$ とする。
- ② ①の最適疲労曲線の 10^9 , 10^{10} 回における疲労限度の値を確認する（高梨委員）。
- ③ ①の最適疲労曲線の標準偏差を求める（高梨委員）。

2. 議題（2）高圧水素に係る規定の見直しについて

2. 1 高圧水素に係る規定について

9資料2-2に基づき、高圧水素に係る規定の対応及び本文改定案について、事務局が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) 疲労き裂進展解析において、Sec.VIII-3, Annex D, Table D-500 の $f(R)$ の計算式の定数は、試験結果に基づき定められた値である。 $f(R)=1$ とすることに問題はないか。
→ 実際の評価においては、 $R<0$ は残留応力によるものであり、この場合に $R<0$ と $R=0$ におけるき裂進展速度が一致する実験結果があるため、 $f(R)=1$ とできる。また、 $R<0$ の場合に $f(R)=1$ とすることは、Sec.VIII-3, KD-430 の規定と同じである。
- 2) 疲労き裂進展速度式の $f(R)$ の式は、各材料区分で異なるため、現行案の記載を見直す必要がある。

以上の結果、次の①及び②の方針が決定した。

- ① 疲労き裂進展速度式の $f(R)$ の式の記載を見直す。
- ② 応力比 $R<0$ の場合、 $f(R)=1$ とする。

2. 2 附属書 XIV（案）

9資料2-3に基づき、附属書 XIV（案）について、事務局が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) 2.2 の材料特性で、アルミニウム合金に係る要求がない。
→ 特段規定することがないためである。

- 2) ライジングロード試験の K_{IH} の計算式中の $F(a/W)$ は、最新版の式を確認する。
- 3) 水素中のひずみ制御の疲労試験データがないため、水素中における疲労限度は決定できない。このため、大気中の許容繰返し回数に設計係数として水素の影響を考慮した評価とするのがよい。
 - 設計者が設計係数を決めるのは困難ではないか。
 - この基準は事前評価のためのものであるため、設計係数に限らず、安全立証の中で水素の影響が考慮されていることを事前評価で評価する。疲労解析を行う意図は、疲労解析により使用繰返し回数を設定することである。
- 4) 低合金鋼の強度低減材は、水素適合性に介在物等が影響する可能性があるため、完全に **SSRT** を省略するとしてもよいか。
 - 解説等に注意を記載する。
- 5) ライジングロード試験は、材料の熱処理ごとに試験が要求されるのか。これは非常に厳しいため、同等の熱処理が行われていればよいのでは。
 - 「熱処理のヒート毎」という文言を削除する。
- 6) ライジングロード試験の試験片は、水素の影響を最も受ける内面近傍から採取するということでよいか。
 - よい。SSRT 試験を含め、採取位置は最終形状の内面近傍とする文言を追記する。
- 7) **MDMT** で **SSRT** 試験を実施した場合、水素の影響が最大となる温度での結果を確認できない可能性があるのでは。
 - 液化水素の設備ではこれが問題となる可能性があるが、現在主流の圧縮水素スタンドの **MDMT** は -40°C 程度である。現行案のままとし、この議論については次回以降の改正の検討とする。
- 8) 現行の **SSRT** 試験の規定案のために **SSRT** 試験設備を設計する場合、この規定では試験設備の材料の **SSRT** 試験ができない場合があるのでは。
 - 現行の附属書 **XIV** 案は、圧縮水素スタンド及び移動式圧縮水素スタンド用の設備を対象としている。
- 9) 強度低減材の引張強さの確認において、3 個の試験片により試験することとなっているが、引張強さの範囲を規定値と考えれば、1 個の試験片でもよいのでは。
 - 強度低減材の引張強さの範囲は、規格値ではないため、現行の本文の規定（材料強度の設定値）と同じ扱いとする（現行案のままとする。）。

以上の結果、次の①から⑧の方針が決定した。

- ① 小林主査のコメントに基づき附属書 **XIV** 案を見直す。
- ② ライジングロード試験の K_{IH} の計算式中の $F(a/W)$ は、最新版の式を確認する。
- ③ 水素中の疲労評価は、大気中の疲労評価に水素の影響を設計係数として考慮することにより行うこととする。
- ④ 低合金鋼の強度低減材の水素適合性に係る注意事項は、解説に記載する。
- ⑤ ライジングロード試験は、熱処理条件ごとに試験を要求する。
- ⑥ ライジングロード試験及び **SSRT** 試験の試験片は、最終形状の内面近傍から採取することとする。
- ⑦ **SSRT** 試験の試験温度は **MDMT** とし、液化水素の設備の議論は次回以降の改正の際に検討する。
- ⑧ 強度低減材の引張強さの確認における試験片の個数は、本文の規定に従う。

2. 3 低合金鋼における疲労き裂進展速度について

9資料2-4に基づき、低合金鋼における疲労き裂進展速度について、荒島委員が説明を行った。これについて、次の意見等があった。

- 1) $K_I=K_{IH}$ ($=40\sim45\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$) で、水素によるき裂進展速度の加速がないのはなぜか。
 - 試験速度が1Hzと速いためと思われる。試験速度が遅く、応力比が高い場合には、 $K_I=40\sim45\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ で疲労き裂進展速度の加速が見られる。
 - 解説に水素中の疲労き裂進展速度のデータを載せるのであれば、 $K_I=K_{IH}$ でき裂進展速度の加速が確認できるデータがよい。

以上の結果、低合金鋼の水素中の疲労き裂進展速度の試験データは、解説に載せることとなった。

3. 議題(3) その他

9資料3に基づき、KHKS0220の改定に係る書面投票(分科会)の実施について、事務局が説明を行った。この結果、次のとおり、書面投票を実施することとなった。

- KHKS0220の改正案に対して、7日間の期間を設けて書面投票を行う。
- コメントがあった場合、コメントの対応を行った修正案の審議は、分科会主査の了承のもと、7日間の期間を設けて、書面審議(電子メール)により行う。
- 改正案には、上記1.及び2.の対応事項の結果を反映させること。対応事項の結果は、書面投票で確認する。

以上