

第7回供用適性評価規格委員会

議事録

1. 日時：平成20年5月12日(月) 13:30～17:30
2. 場所：高圧ガス保安協会7階第2・3会議室
(東京都港区虎ノ門4-3-9住友新虎ノ門ビル)
3. 出席者(敬称略・順不同)：
委員/鴻巣(委員長)、小川(副委員長)、酒井(潤)、関根、岩崎、倉田、渡辺、石丸、佐藤、山本、阪野、島川、米山(小澤委員代理)、石津、中条、宇都宮以上16名
オブザーバ/中田(経産省保安課)、佐藤(発電技検)、昆野(新日本石油)、大木(東燃ゼネラル)、紺野(石連)、田原(石連)
石連・石化協・KHK共同事務局/黒巢(住友化学)、三笥(三井化学)、渡邊(三菱化学)、稲葉(新日本石油)、児島(コスモエンジン)、亀畑(Jエナジー)
石連FFS研究会/大野(三井化学)、戒田(住友化学)
KHK/荒井、伊藤、栗原、松木、濱本、磯村、松本、及川、長沼、佐野、小山田(記)、名倉
4. 配布資料：
資料50 第6回委員会議事録(案)
資料46改 技術基準整備3カ年計画修正案
資料51 資料49のチェック式とFEM解析による検討
資料52 Trefデータ検証例
資料53 鋼種と降伏応力に関する安全裕度の関係
5. 参考資料：
高圧ガス規格委員会の構成と供用適性評価規格委員会の将来的な構成案
資料44 附属書5Aと附属書5Bの共通基本事項(資料35要検討事項への回答案(第5回委員会資料))
資料49 附属書5Bの許容基準に関する考察と対応(第6回委員会資料)

6. 議事

6.1 議題の確認

事務局より、時間に余裕があれば「5) その他」の議題として、附属書4及び付表2.1の事務局修正案について説明する予定である旨の提案があり、追加議題として了解された。

6.2 議題1) 前回議事録案の承認

事務局より議事録案について概要説明と、既に委員にはEメールで送付している案から一部修正があることについて説明があった。その後、資料50を正式な議事録とすることについて挙手による採決を行い満場一致で可決された。

6.3 議題2) 技術基準整備3カ年計画について

事務局より、前回委員会の議論を踏まえ修正した資料46改及び参考資料 について説明があり、以下のような補足説明等があった。

- ・ 3カ年計画については技術委員会にて協会全体の技術基準整備計画として定めるため、本委員会についても定めることが必要なものである。
- ・ 供用適性評価規格委員会の所掌分野については、特にその他の業種分野の早急な規格化ニーズが顕在化しているという訳ではないが、現時点での将来的な見通しを示している。ニーズが顕在化した時点で委員会のプライオリティを考慮し、都度見直していくものである。
- ・ 3カ年計画はローリングしていくものであり、最低でも毎年見直しを行い、その際には事務局が参考資料で示したような委員会構成の見直し等も踏まえ、委員会による技術基準策定活動を適切な形にしていくためのものである。

以上、資料46改を本委員会の正式な技術基準整備3カ年計画とすることについて挙手による採決を行い、満場一致で可決された。

6.4 議題3) 減肉の評価区分 の供用適性評価について

(1) 附属書5B関連について

まず資料53とパワーポイントによる補足資料を用いて、石連FFS委員会研究会より説明があった。

- ・ 資料53は、前回の議論を踏まえ、資料49でKHKから提案の判定式により鋼種別にチェックを行った結果を示している。
- ・ 資料53の検討方法は、材料、設計条件等から圧力容器の形状を無数に仮定し、そのとき附属書5Bの方法を適用した場合に許容される減肉の大きさをそれぞれ求めた。それら附属書5Bで許容される減肉を有する圧力容器について資料49のチェック式を適用し、算定された発生応力とその材料の降伏点の比を求め、その比の値の最小値を材料鋼種及び温度毎に示したものが資料53のp.1~2に示したものである。

- ・ この結果が示すことは以下のようなことである。
 - 傷の軸方向長さ、深さ及び周囲の非減肉部の厚さに関するシェルパラメータの値が0.5くらいのところ、発生応力 / 降伏点の比が最も小さくなる傾向がある。
 - この値がこの値を境として変化するとその比の値は1～1.5又は1.5以上の値になる。
 - また、残存肉厚比のパラメータ R_t で整理すると、許容される減肉深さが比較的浅いケース（ R_t が0.3より比較的大きな値の時）で発生応力 / 降伏点の比の値は大きくなり、 $R_t=0.3$ （許容される R_t の最小値）のとき、すなわち許容される減肉深さが比較的深いケースでその比の値は小さくなる。
 - 圧力容器の形状で整理すると、大径薄肉の容器で許容される減肉がある場合の発生応力 / 降伏点の比の値が小さくなる。設計温度が上がっても同様に小さくなる。

- ・ 上記を考慮して、例えば胴径 / 厚さの比を100未満に制限した場合どうなるかを示したのが資料5-3のp.3～4の表である。この制限により、発生応力 / 降伏点の比の最小値が1.5以上を示す鋼種・温度が出てくる。

以上の説明に対し、以下の質問・議論等があった。

Q / この資料の基にもなっている、附属書5Bの許容基準 $RSF_a=0.9$ は、そもそもどのように決まったのかを説明すべきではないか。

A / APIの考え方は文献等を見ると、材料の加工硬化を流動応力という形で考慮することで成り立っていると思われる。高強度材の流動応力と降伏応力の比を考えるとおよそ0.9となる。

Q / 資料5-3を見るとほとんど裕度がない結果になっているが、傷長さ等のパラメータが大きければこのようにはならないのではないか。

A / この資料5-3の値はクリティカル値を示しており、 R_t が小さいところが該当し、 R_t が大きくなれば裕度は大きくなる。

C / 傷の大きさ等を考慮して資料を纏めないと、どのような制限を設けることが適切かなどといった検討は困難である。

C / 石連FFS研究会はどういった制限を設けることが必要か、あるいは資料4-4や4-9を見直すかを決定する立場にはないと考えてるので、委員会の方針に従う。

Q / パワーポイントの資料の表で整理した場合に、裕度が1を割っているのは安全裕度1.5を含んでいるのか。

A / ここでは降伏点に対する比なので安全裕度は含まれていない（1である）。

C / この例で計算した D/t 等の条件を満たす範囲であれば、SPV315であれば設計温度が200度以下で R_t が4以上となる傷の大きさの場合であれば降伏点に対する安全裕度は1.5を確保できるということになる。

C / パワーポイントの資料で示されているうち、安全裕度が1以上1.5未満の部分がどうかということになるが、資料4-4では安全裕度が1.5以上あれば問題ないこ

とは示されているが、逆にそれが1とか1.2でどうなのかということが示されておらず、また説明も困難である。

C / 傷の大きさと傷周りの残肉部の拘束の問題になるので、傷が比較的小さいときに深い傷が許容されることについては、周りの影響を見極めるためにFEM解析等で比較検証するべきである。

ここで、KHK事務局より資料5-1と補足のパワーポイントの資料について説明を行った。

- ・ FEM解析では、附属書5-Bで合格する場合であって資料4-9で示したように降伏することが簡易式で想定される場合（周方向の長さを変えて3ケース）と、同じ傷長さで資料4-9のチェック式で合格となる場合を比較検証した。
- ・ 結果としては、チェック式の評価とFEM解析の結果はよく合致することがわかった。

以上の説明の後、さらに以下のような質問・議論等があった。

Q / 常温でも資料4-9のチェック式を満足しないケースがあるのか。

A / が0.5程度のところでは常温でも満足しないケースがほとんどである。

Q / 資料4-9のチェック式は附属書5-Aで合格する傷について検証するとどうなるのか。

A / 現在確認中であるが一部で入らないケースがあるかもしれない。資料4-9のチェック式は附属書5-Bの結果も附属書5-Aの結果も検証するものである。

Q / 資料4-9のチェック式は附属書5-Aの式の簡易版であって、資料4-9のチェック式は附属書5-Aでは必ずクリアするものではないのか。

A / 附属書5-Aと同じ文献を参考にしているが同じ式ではない。提案者であるKHKとしては附属書5-Aの算式で応力計算をした場合より小さめの値を導くのではないかと考えている。

C / 資料5-1の比較検討については矩形の減肉があるものとしているが、附属書5-Aと比較する場合には減肉形状を半楕円に置き換えて計算するので、資料4-9のチェック式又は附属書5-Bの計算式と附属書5-Aを比較する際には、それを考慮しなければならないことに注意を要する。

C / 資料4-9のチェック式では M_s の値又は の値などの算定についても附属書5-Aの式又は5-Bの式のどちらを使用するかで答えが変わってくる。

C / A-P-Iではどう考慮しているのか不明であるが、傷が比較的小さければ深い傷の場合でも変位は拘束を強く受けるので、許容値を上げることも検討可能なのではないか。傷が広がって行くにつれて応力で押さえなければならなくなる、と考える。

C / 保安検査実施者である都道府県の立場からは、二つの手法で許容値が異なり、またその技術的背景がブラックボックス的なもので対外的な説明が出来ないのである。

- Q / 規則上、十分な強度以外に1.5倍の耐圧試験に合格するものであることが要求されているが、どうか。
- A / 省令に同要求があるので、降伏点の1/1.5で許容値を取っていれば、問題ないものと解釈している。
- C / ただし、耐圧試験に合格するもの、に関する解釈が多少の変形を許容するという場合もあり得るので、単純に降伏点の安全裕度と比較するのは困難である。
- C / FEM解析の結果を見ると計算が収束しなくなっているわけではないようなので、まだ弾性体の領域が部材に残っているようにも考えられる。理論的に説明することは困難な部分があり、ブラックボックス的な部分はp-M法の理論で説明せざるを得ないが、そこからはみ出した部分は実績と経験のデータがあれば補って説明できるのではないか。あとは安全裕度の問題になるが、その程度は経験的な部分もあるのでAPIの過去の実績データがあれば参考にして、後々両者の裕度を整合していくことを考えられないか。実績データを利用可能かどうか大きな問題ではあるが。
- C / 附属書5 Aと5 Bで異なる結果が出てしまうことと、それぞれの安全裕度が異なってしまうことは計算結果が示しているように事実である。よって、APIの実績データが出てきても説明が困難であることには変わりはないと考える。ここでは、資料4 9に示されるチェック式で許容される範囲に入っていれば、それぞれの安全裕度は同じ以上であることは説明できるようになる。
- C / 資料5 3で示している資料4 9のチェック式による比較はクリティカルな場合ではあるが、どんな傷が許容される・されないことを確認してみないと、この制限をもし加えることとした場合、実際に適用範囲が非常に狭い規定になってしまうかもしれない、という懸念がある。
- C / 適用可能な傷の大きさについては、適用実績と解析結果及びチェック式による制限の関係がどのようになっているかを整理しないと、実際に使用出来ない規格になってしまう恐れがある。
- C / 利用可能な適用事例は、実際にどのような傷に適用されていたというものではなく試験データである。
- C / 国内ではこれまでの必要厚さを割るような減肉の実績データはないので、典型的な減肉形状のモデルを複数仮定して、チェック式での判定がどうなるかをシミュレートすることは可能である。
- C / 資料4 9のチェック式の形がよいかどうかは、典型的な減肉形状モデルのシミュレートの結果を見てからまた検討するということにして、附属書5 A及び5 Bの合格範囲が一定以上の安全裕度を有することを確保するためのベースとしてチェック式を用いることを決めるべきである。
- Q / 資料4 4が両附属書の基準の前提として存在すると規格としての検討が制限され

る恐れがあると考えるが、資料44を見直し、対案を考えることは前回の議論ではなかったか。また、その検討はしていないのか。

- A / 前回の議論では、資料49のチェック式の検討の結果、資料44に問題があれば修正を考えるとということであった。
- C / 共同事務局内で資料44の修正を検討しているが纏まっていない。
- Q / 資料44では許容値を降伏点の1/1.5としているが、設計基準と比較検討するなりすればこれにこだわらず、見直すことも可能なのではないか。
- A / 設計基準では、応力解析をした場合には傷が小さいときには降伏点まで許容する基準もあるが、本規格のファーストステップとしては降伏点の1/1.5としておいて、資料44にもあるように裕度を下げていくのは将来的な課題と考えている。
- C / 初めて適用する基準であるので、最初は安全側に考えて裕度を大きめにとり、実績を積んでいながら見直しを考えるというのはリーズナブルな考えである。
- Q / チェック式の検証データで傷長さ が小さな範囲と大きな範囲では破損モードが異なる可能性があり、その許容値をそれぞれ変えることは検討に値するのではないか。また原子力の例を見ると、我が国の基準というのは安全裕度を下げることが容易ではなく、最初の設定時にはよく考えるべきである。
- A / 破損モードは附属書5Aも5Bも延性破壊を考えており、傷の形状にはよらないと考えている。また安全裕度については降伏点の1/1.5をとれば設計基準と矛盾しないので、何人も理解がしやすいものと考えている。
- Q / 資料49のp.5にある非減肉部の厚さが必要厚さを割るような部分についての検討はどうなのか。
- A / 構造計算的には必要厚さがあるかどうかには拘わらず許容される減肉があるということだが、安全裕度と同じでコンセンサスで決めることと理解している。
- C / 性能規定でいう十分な強度の解釈には合致するものと思われる。
- C / 資料44について合意がされていないことが問題であるので、何が問題なのかどこを見直すべきなのかを明確にして欲しい。
- C / ただし、クライテリオンというのは結果に合わせて変えるものではなく、説明可能な根拠に基づく判断基準でなければならないものである。
- C / 必要厚さを割るような減肉を認める基準としては初めてのものとなるので、現状ではこれをすんなり受け入れる土壌はないことを認識し、説得力のある理論的説明がないと結果として世間に受け入れられない規格が出来てしまうことは避けなければならない。
- C / 減肉評価法の理論的根拠に議論が集中しているが、実際の傷の測定誤差が有ることを考え安全裕度を考えなければならない。
- C / クライテリオンが決まれば、測定精度、誤差がどの程度必要かも決まるのではないか。

以上の議論の結果として、まずは資料49のチェック式によると実際にどのような減肉が許容されるのか又はされないのか、例えば茨城県基準の附属書にある例題などを参考にして、典型的な減肉事例について、附属書5A・5B両方による検証結果をできるだけ具体的な数値等を用いてわかり易く示すこととなった。その結果を見て資料44について修正が必要と考えるときは説明可能な修正案を提案することとした。

測定精度の議論については、第5章で検討することになっていることが、検討課題とした。

(2) 脆性破壊防止のためのTrefの検証について

事務局より資料52について説明を行った。

- ・ 資料52のデータは、S57鉄鋼協会データシートの各鋼種毎のデータにおける要求吸収エネルギー（炭素鋼20.3J、低合金鋼21.7J）の値を満たす温度のデータ上の下限値をグラフから求めたものである。
- ・ 事務局としてはこれは参考データとして考えており、規格としては性能規定的にするか、詳細基準的にするか、その両者の中間にして参考データを付録として示すかなどといった方法の中から、適切な形を考えたいと考えている。

この説明に対して以下のような質問・議論があった、

Q / 設計時には材料の衝撃試験データの要求はないのか。

A / 設計裕度が4である別添1の压力容器には許容応力表で温度管理を行っており、じん性要求はない。設計裕度が3.5の別添7はASME規格に準じており要求があると考えて良い。

Q / 脆性破壊防止の規定については、附属書5関係のみに適用されるものなのか。

A / 今回の提案は附属書5を対象しているが、評価区分の範囲まで考慮するかは別途の議論が必要と考える。

C / このデータは母材のデータであり、溶接部については比較的靱性データが悪くなることが知られている。

C / SS400のような材料にまで、そもそも評価区分が適用可能なのかというのも議論が必要と考える。

Q / この規定は耐圧試験、気密試験時に考慮することを前提としているのか。

A / 気密試験、耐圧試験に限らず評価区分を有する圧力設備のあらゆる場面で必要な規定と考えている。

Q / このデータを見ると下限値を使っているとはいえ、実際にこれをクリアすることは容易ではない材料もあるように思えるが、実機のデータはないものがほとんどである。

A / 脆性破壊に対する検討が必要ということであり、ここに出ているデータはあくまでも参考である。またPelliniの考え方はかなり安全サイドの考え方であり、他にもHPI Z101規格の靱性要求値、実際の減肉では割れないことを検査により確認

できることなどを考慮して、規格としてどう盛り込むかを検討すればよい。

C / 残留応力についても考慮しなければならない。

Q / 古い材料、例えばSM41Aのデータを現在のSM400Aのデータとして見ても構わないのか。性質が異なっていたりはしないのか。

A / SS400は問題があるかもしれないが、製鋼技術の進歩を考慮すれば過去の材料よりも現行の材料の方がじん性は向上していると考えるので問題は無いと考えている。

C / 鉄鋼協会のデータはSS400とSM41Aが一緒になっているが、他のデータを当たればSM41A単独のデータも示せると思う。

以上を踏まえて、の脆性破壊防止規定の規格への盛り込み方を事務局で検討することとなった。

6.5 議題4) 本文第4章について

事務局より本文第4章4.1項について概要説明を行い、以下のような質問・議論があった。

Q / 表4.1の供用適性評価のための検査方法については、ここに示されているものに限定しているのか。

A / 例えば、き裂状欠陥の評価のためにき裂状欠陥を検査する場合、共同事務局ではTOFD法以外では必要な精度を得ることは難しいという判断で限定している。

C / 寸法の形にもよるが、TOFD法にも劣らない又はそれ以上の精度で欠陥寸法を把握する方法は他にもあるはずであり、限定する必要はないのではないかと。

C / 検査会社はある検査方法に限定せず、適用可能で適切であり必要と考えられる検査方法は全て用いて、可能な限り真の値を見いだそうとする。

C / 附属書の中ではTOFDと同等の精度がある検査方法を選択できるようになっている。

C / 表4.1ではUT、MT、PTが同列に示されているが附属書を見るとそうではなくUTが主であるので、修正すべきである。

C / 表4.1のクリープの検査方法についても石油精製と石油化学では異なるクリープ損傷の形態があり、後の章で採用される評価方法にもよるのだろうが、限定するのはどうかと考える。

C / 「開放検査」についてはハンドホール等により検査することも含まれているのか不明確であり、定義が必要である。

Q / 水素侵食の検査のとき、クラッド鋼であれば超音波を用いるのではないかと。

A / 一般的な水素侵食が発生しているかどうかの設備の健全性の検査の方法についてはこの表では記載していない。ここでは供用適性評価のために必要な検査方法に限定して記載している。

C / 表4.1の検査方法をあまり限定しない形の表現に見直せばよいのではないかと。

ただし、その際には評価方法との関係を明確にする必要がある。

C / 表 4 . 1 の表のタイトルが損傷に対する検査方法及び評価方法となっているが、これは供用適性評価のための検査方法とそれに対応する評価方法であるので、タイトルを見直すべきである。

Q / 4.1.1項又は4.1.2項では附属書 6 に示すと表現しているが、これでは要求規定になってしまうが参考規定ではないのか。

A / 附属書 6 を参考として示す、という主旨の表現に変更する。

続いて、事務局より本文第 4 章4.3項及び第 5 章5.5.2項について概要説明を行い、以下のような質問・議論があった。

C / 4.3.3b)のところで余寿命を無限とするとあるのは不適切な表現である。余寿命は十分あり、引き続き適切な検査により健全性を確認するということにすべきである。

Q / P v 値の管理だけでなく、P w 値による評価方法も使えるようにすべきではないか。

A / 石油精製・石油化学業界の事業者はP v 値で管理していること、使いやすさ、などを考慮してP v 値を規定した。またP w 値とP v 値で評価結果に差が生じることも懸念した。

C / A P I でもP w 値の採用を検討していることもあり、評価結果の差が生じるかを考慮すべきではあるが、両者から選択できるようにしておくことがよいのではと考える。

C / 水素侵食の金属組織検査でレプリカ法について記載しているが、この方法は特許がからんでいる事項であることに注意を要する。

Q / 例えばネルソンチャートでは確認出来ていても、水素侵食が起きていないことをある時点では検査するような規定をすべきではないか。

A / 4.3.2項でC-0.5鋼以外の場合についても開放検査時には水素侵食が起きていないことを確認するような規定をすべきと考えている。

C / 保安検査基準の耐圧性能・肉厚の検査として必要な検査方法と本規格の供用適性評価に必要な検査については、整理して議論が必要なのではないか。

C / 保安検査基準の検査方法については従前はM T のみだった制限を撤廃したが、実際の運用に必要なのでU T、P T、M T、R T を例示した経緯があり、この規格は保安検査基準の下に位置づける規格なのであれば、その関係を考慮すべきである。

C / この規格は保安検査基準の下に位置づけるものであり、矛盾がないように配慮を行う予定である。

Q / 保安検査基準で劣化損傷のおそれがないものとして判断される設備について、供用適性評価規格の適用にするとその劣化損傷の有無について検査することになる

と矛盾することになるのではないか。

A / 保安検査基準では劣化損傷のおそれなくとも目視検査については一部の設備を除いて省略できないので、目視検査について周期延長しようとするれば、供用適性評価規格の適用に従うことは矛盾していないと考える。

C / 水素侵食が起きていないことを確認するというのは、例えば「開放検査時に確認する」ことといったような定性的な表現にすることが考えられる。

以上の議論を踏まえて、修正案を事務局が作成することとし、今回審議を行った4.1項、4.3項及び5.2.2項並びに附属書10の内容については2週間のコメント期間に付すこととし、改めて事務局よりEメールで審議案を送付することとした。

7. その他

時間の都合上、本日は附属書4及び付表2.1の議論は割愛した。

次回の会議は平成20年6月23日(月)13:30~を予定しており、次々回は8月21日(木)13:30~を候補日として調整することとした。

以上