

# プラントにおける フランジ締結体の締付け管理

## 1. はじめに

このたび、日本バルカー工業株式会社が創業90周年を迎え、記念誌が発行されることを心よりお祝い申し上げますとともに、シール産業界を支えてこられた関係者の皆さまに対しまして、深く敬意を表します。

フランジ締結体における内部流体の漏えい防止技術は、プラントの安定、安全操業に対し、非常に重要な位置づけである。更に、プラントの連続運転の長期化、漏えいの排出規制による環境問題対応として、高い信頼性が求められる。信頼性を得るためにはFigure1に示す段階ごとの技術や技量の確立が必要である。特にシートガスケットにおいては、石綿規制による非石綿化でふっ素樹脂系が主流となり、運転中の挙動を考慮した締付力の設定と、その設定に応じた確実な締付け作業、管理が重要である。

本報では、非石綿化に伴う代替えガスケットの評価から、ふっ素樹脂系ガスケットの運転時の挙動を明らかにするための共同研究内容、及び適正な締付け管理を行うための当社の認証制度について紹介する。

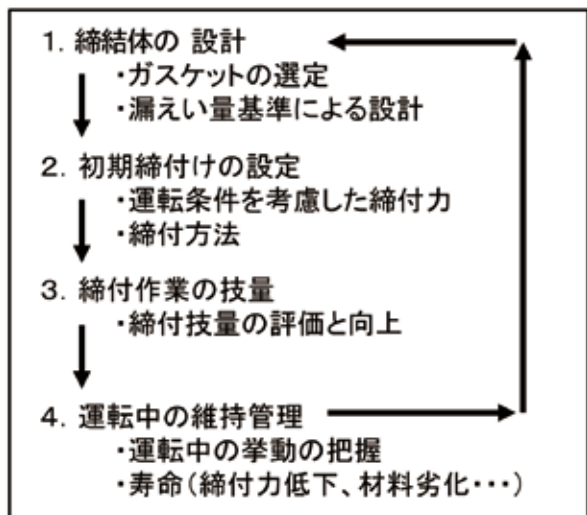


Figure1 締結体の管理概念

## 2. ガスケットの選定

シートガスケットは、耐熱性、シール性、取扱い性、及びコスト面などにより主に石綿ジョイントシートガスケットを使用されていた。

2006年に労働安全衛生法施行令を改正する法令により、一部を除き石綿等の製造、使用等が禁止された。それによ

り非石綿ガスケットへの代替えが必要となり、石綿ジョイントシートの代替えとしては、アラミド繊維などの有機繊維や無機繊維を使用した非石綿ジョイントシートが第一候補として挙げられた。しかしながら、石綿繊維は細く長く、繊維同士が強固に絡み合い繊維自身がガスケットの強度部材となっていたが、非石綿繊維は、繊維が太く、繊維同士の絡み合いが弱いため、バインダーであるゴムが強度を担う形となった。そのため、ゴムの耐熱温度を超える条件で使用すると、ゴムの硬化による機能低下の懸念があった。そこで当社では、非石綿ジョイントシートの温度に対する評価テストを行うこととした。

Figure2に試験ラインの概要図を示す。内圧1.3MPa、190℃のプラント蒸気ラインにテスト用配管を設置し、6か月間の負荷試験を実施した。試験期間中での目視による外部の漏えいは認められなかったが、試験終了後の開放時、フランジシート面より非石綿ジョイントシートガスケットを取り外す際に硬化により割れが生じた(Figure3)。この結果より高温での長期間の使用及び、増締めが出来ず、代替え不可と判断した。また、本試験では、同時に他種類のガスケットを装着したが、膨張黒鉛系はフランジシート面への固着があり、取扱い性が悪いことより代替え不可と判断した。一方、ふっ素樹脂系については、外観上大きな問題はなく、代替えの第一候補とした。

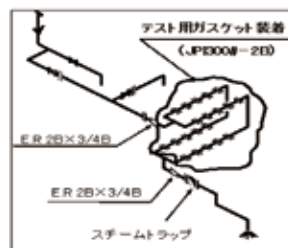


Figure2 試験ライン概要



Figure3 取り外し品

## 3. ふっ素樹脂系ガスケットの挙動確認試験

ふっ素樹脂系シートガスケットは、非石綿化以前から、耐薬品性の高いガスケットとして使用していた。ふっ素樹脂特有のフローにより締付力が低下する場合は増締めにより対応をしてきたが、増締めの要否や時期は経験則に頼るところが大きく、適正な維持管理を行うためには、それらの挙動を把握し適正な対応をする必要があり各種試験を行った。

### 3-1) 試験装置

Figure4に試験概要図を、Table1に試験条件を示す<sup>1)</sup>。締結ボルトに貼り付けたひずみゲージによりボルト軸力を測定し、ガスケット接触面積からガスケット面圧を算出した。このガスケット面圧が25MPaとなるようにJIS B 2251 (2008)に従い締付けを行った<sup>2)</sup>(以下、ボルト締結は同規格を準拠とする)。尚、ガスケットはNo.GF300を使用した。

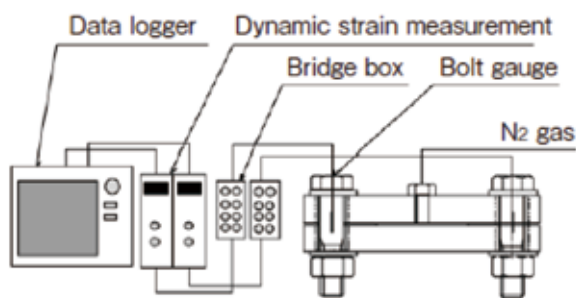


Figure4 応力緩和試験概要図

Table1 応力緩和試験条件

試験寸法	JIS 10K 50A RF
試験温度	200℃ (24時間リサイクル)
ガスケット	V/NO.GF300
フランジ	材質: SS400 シール面粗度: Rz = 14.4 μm (Ave.)
ボルト (ひずみゲージ付)	寸法: M16×4本 材質: SS400

### 3-2) 熱サイクル応力緩和試験

電気炉にて200℃の加熱を行い、ガスケット面圧の経時変化を測定した。常温と、加熱条件として200℃一定にて加熱し続けた場合と、200℃と常温の熱サイクルを負荷した場合の比較を実施した。なお、熱サイクルは24時間で1サイクルとし、昇温が2時間、降温を約3時間とした。

Figure5に試験結果を示す。常温に比べ、温度を負荷すると面圧の低下は大きくなる。熱サイクルにおいては、降温時に大きな面圧低下が確認され、再加熱時に、ガスケット面圧は上昇したが、降温前の面圧までは回復しなかった。定期修理後の運転スタート前は、常温状態(この試験での降温時)で気密テストを実施し、漏れのないことを確認後スタート準備に入るため、降温による面圧低下量が多い場合は、面圧を回復させる対応が必要である。また、頻りに熱サイクルのある箇所については、徐々にガスケット面圧が低下するため、同様に面圧を回復させる必要がある。

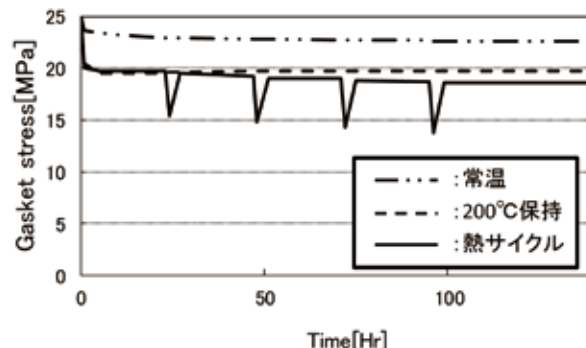


Figure5 熱サイクル応力緩和試験結果

### 3-3) 増締め効果の確認

面圧が低下した場合の対応として、一般的に増締めを行う。増締めのタイミングとしては、運転スタート後の高温状態で行う場合と、定期修理などで停止した常温状態で行う場合があり、それぞれについて効果の確認試験を行った。

Figure6に試験結果を示す。増締めにより残留面圧が高くなり、面圧保持の効果が確認された。増締めの時期については、高温状態で実施した方が、常温状態で実施するよりも残留面圧が高い結果となった。これは、高温状態では、ガスケットの剛性が低下し、フローさせながらの締付けとなるため、増締め後のフローが少なくなり、緩和が小さくなったと推測される。ただし、剛性が低下した状態での増締めは、圧壊強度も低下すると思われるため、締付力に注意する必要がある。高温状態での増締めより効果が低かったが、常温状態での増締めでも面圧保持の効果があり、運転スタート前の気密テスト時の対応としては十分と判断される。

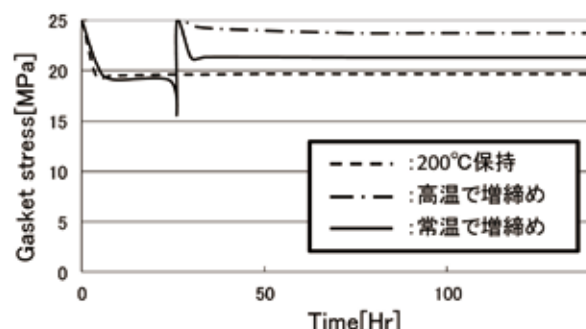


Figure6 増締め効果確認試験結果

## 4. 社内認証制度

フランジ締結体の挙動を把握し、すべてについて定量的な締付け管理を行い、管理された方法で締付けを行うことが理想だが、管理するための工具や測定の費用、工期等により対象を絞り込んでいる。そのため大多数のフランジ締結体

の締付けは作業者の技量や経験に基づいて行われている。過去よりガスケットの仕様を間違えて装着、締付け不足や片締め等により不具合があり、当社ではガスケット作業主任者認定制度を制定し運用している。Table2に認定講習内容を示す。試験に合格したガスケット作業主任者は、ガスケット装着作業において、作業者を指揮、指導、監督し、自ら装着後の最終確認を行うことにより、ガスケット装着についての責任を有し、ガスケット作業主任者不在でのガスケット装着作業を禁止している。現在までに約3,000名がガスケット作業主任者として認定された。不具合発生防止に一定の効果はあると思われるが、認定講習は全て座学教育であり知識の向上は望めるが、技能に関しては現場での経験に頼るところが大きかった。しかしながら現場の経験だけでは、弾性相互作用によるボルト軸力の低下や締付け姿勢による締め具合の違いは理解しているが、ボルト軸力値やトルク値がどのタイミングで、どのように影響しているかを数値等で可視化することができない問題があった。そこで、モバイル・トレーニング・システムの一部を当社水島事業所に持ち込み、作業者向けに実技講習会を実施した。実技講習会風景をFigure7に示す。内容は、フランジ締付け技量評価、トルク感覚トレーニング、ボルト整備の重要性の理解、圧壊しやすいガスケットの理解の4種類で、現場経験のない新入社員や経験年数30年の熟練工など、43名が受講した。受講後の感想は、良く理解できた・理解できたが90%を超え、ボルト軸力の変化が可視化され分かりやすい等好評価が得られ、非常に効果があったと感じた。今後、本システムを活用した当社の認定制度への織り込みを検討していく。ただし、今回のカリキュラムでは1日40名程度の受講となるため、定期修理時期などの数百人の受講を想定した場合、カリキュラムの内容や装置複数化等の検討が必要である。

Table2 認定講習の内容

1. ガスケット作業者の責務
2. ガスケット誤装着防止教育
  - ・ガスケットの種類と取扱い
  - ・圧力レーティングとフランジ規格
  - ・プラント毎のボルト規格
  - ・芯、片締め確認要領
  - ・締付け要領(周回締め)
  - ・検収及び記録の提出
3. 石綿ガスケットの取扱い
4. 過去のトラブル事例
5. 確認試験

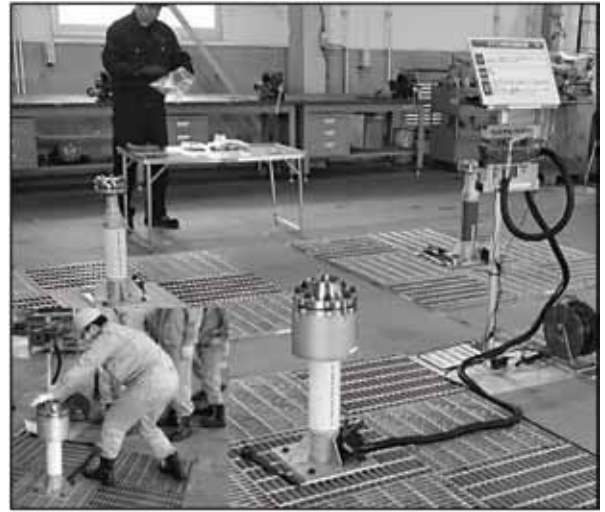


Figure7 講習会風景

## 5. おわりに

熟練作業者の高齢化による引退や若手作業者の職場離れ等によりフランジ締結作業への従事作業者の減少や、技術・技能レベルの低下が現実のものになってきている。今後は、熟練作業者に依存しなくても適正な締付け管理が行える仕組みが必要と考える。例えば、シール施工管理システムを利用すれば、自動締付工具でプログラム化された締付け手順通りに、設定したトルク値で自動的に締付けが可能のため、締付け作業の初心者であっても適正な締付力で手順通りの締付けが可能となる。

本報で紹介した教育や認証制度、モバイル・トレーニング・システムを利用した講習会等によりレベル維持に努めながら、新しいシステムを導入することで、より信頼性の高い漏えい防止技術を追求したい。

## 6. 参考文献

- 1) 野々垣 肇, 山邊 雅之, 森本 吏一: ガスケット締結体の応力緩和特性, 配管技術, Vol.52.No.7, p28 (2010)
- 2) フランジ継手締付方法, JIS B 2251 (2008)



森本 吏一

三菱ケミカル株式会社  
水島事業所 設備技術部  
機械2グループ