

ハンドナットランナーを用いた 施工品質向上への取り組み (プラグタイプ空冷式熱交換器)

1. はじめに

石油精製設備の機器や配管には、数えきれない多種多様なフランジで接続されており、フランジ部から漏えいさせないことを使命としている私たちは、日頃からフランジ部における締結管理の強化に取り組んでいる。

運転停止や開始時、運転中に漏えいがあった機器及び、経年で漏えいリスクが高まっている機器については、運転圧力及び運転温度を再確認し、高温高圧並びに水素サービスと新たに熱油サービスを加え、条件に当てはまる場合は、定量的に管理が出来るトルク管理や軸力管理へと変更見直しを行っている。また、経年劣化が懸念される機器については、次回開放時にフランジのフェーサー加工を実施することで、延命対策を図り、最終的には機器更新が必要なのか、事象に応じた対策を講じている。このように、フランジ部における締結管理は、過去の保全実績から成熟してきており、明確な指針が確立されつつある。従って、安全維持向上と最適な保全管理を適正に実施し続ければ、設備信頼性は維持出来ると考えている。

さて、フランジ部以外に懸念していたのは、空冷式熱交換器(以下、AFC)の内、高圧箇所用いられるプラグタイプ AFC (以下、プラグタイプ)の締結管理であり、上述したフランジ部の締結管理のように明確な指針がない。

当製油所には、約340基のAFCがあり、設計圧力が3.0MPaを超えるものは、プラグタイプを採用している。プラグタイプは、約50基程度あり、その殆どが高圧ガスサービスである。このプラグタイプAFCの設備維持管理の観点では、法規及び使用条件、流体によるチューブの腐食と余寿命などに注目されがちである。

一方で、運転管理や鉄工工事の目線では、経年劣化があることに加え、プラグボルト(以下、ボルト)で金属平型ガスケットをシールする構造上、漏れが発生しやすく、SDM期間においては、高圧ガステストでの漏えいによる手戻りや、連続運転で開放しなかった機器もあるため、運転開始時に発生

する漏れを注視している。このため、検査周期に基づき機器の開放検査と同時に、プラグボルトの締結管理については、機器ごとにトルク値を定め、トルクレンチを用いて手作業で締付けを行っている。

しかしながら、プラグタイプは、一基当たり600本を超えるボルトがあり、複数台の機器を開放整備する必要があるため、その数も膨大で相当の工数が必要である。また、開放時には、ボルトは経年による固着が生じており、ねじ部を損傷させないように慎重な作業も求められる。更に、締付けにおいても、高圧流体を金属平型ガスケットでシールする構造上、信頼性の高い締付けが求められる。

このため、監督者の丁寧な立会いと管理、豊富な経験と熟練した作業員が必要不可欠となるが、SDM期間中の監督者は、多岐に渡る工事を担当し多忙を極めるため、このAFCを専属で管理することが難しく、管理を協力会社の棒心や作業員任せになっていることも現実である。しかしながら、昨今、人手不足の影響もあり熟練作業員を集めるのは困難な状況である。このように、監督者については、管理をすべて行うことは困難な状況であること。棒心や作業員には、一定以上の力量が求められる上、担い手が減少していること。更には、数千本にも上る締結管理を実施しないとならない状況では、結果的に締結管理が疎かになり、漏えいリスクを高める要因となっている。

このような状況の中、何とかしたいと思い続けていたところ、2019年2月当製油所に株式会社バルカー(以下、バルカー)による製品展示会が開催され、足を運んでみた。すると様々なシール材やライニングバルブ、測定器具など展示されており、あれこれ見て回っていると、見かけないものに目がとまった。

一つは、フランジ面間と段差を同時測定出来る測定器であり、フランジ面間など隙間計測の精度がよく、高機能であり、とても良い製品だと感じた。もう一つ見慣れないものが、ハンドナットランナーであった。

これは、「シールボルトテイングコントロールシステム」というバ

ルカーと自動車組立工場で多くの採用実績があるエステック社で共同開発したフランジ締付け専用の電動工具であると説明を受けた。この時、「この技術をプラグタイプのボルト締結管理に応用出来ないか?」と私が懸念していた背景や課題を相談した。その場で、次回3ヵ月後のSDM時にトライアル検証を行うことで合意し、すぐに現場見学をした。

2.従来のメンテナンス内容とその課題

実際の現場を見学し、従来のメンテナンス方法とその課題についてTable1に示す。締付けの様子をFigure1に示す。

機器カバーにボルトが算盤玉上に配列され、その膨大な作業量や、人の手を頼りにする工程が多く、ヒューマンエラーが起きやすい状況であった。中でも、締付けの際は、プリセット式トルクレンチを用いて、一本一本丁寧に締付けがなされていたが、作業員によっては、勢いよく締付けを行っており、オーバートルクになっている可能性もあった。

Table1 メンテナンス内容と課題

工程	内容	課題
1. ボルト取り外し	経年によるネジ部の固着があるため、打撃メガネレンチを用いて慎重に固着を解放。その後、手作業で取り外す。	・多大な工数がかかる ・打撃メガネにより赤チン事故 ・ボルトの落下
2. ネジ部の整備	機器及びボルトのネジ部の外観検査を行い、問題がない場合は、清掃後潤滑材を塗布し保管する。	・整備不良
3. ガasket装着とボルトの仮締付け	ガスケットを機器側に取り付け、ボルトの仮締付けを行う。	・ガスケットの装着忘れや2枚装着
4. 締付け	プリセット式トルクレンチを用いて、所定トルクで締付けを行う(Figure 1)。	・多大な工数がかかる上、体力も必要。 ・使い方によってはオーバートルクになる危険性あり。



Figure1 従来の締付けの様子

3. ハンドナットランナーのトライアル内容

トライアルに用いたハンドナットランナーをFigure2に示す。ハンドナットランナーは、それぞれのツールユニットをコントローラーユニットに有線でつなげ、事前に設定した締付けプログラムによって締付け制御が可能である。また、締付け結果は、コントローラーユニットにあるUSBよりCSVで出力し、締付け結果の電子記録も可能である。なお、動力には200Vの電源が必要である。



ツールユニット 高速タイプ



ツールユニット 高トルクタイプ



コントロールユニット

Figure2 ハンドナットランナー

Table2 ハンドナットランナーの仕様

	高速タイプ	高トルクタイプ
全長	466mm	649mm
重量	2.5kg	11.0kg
最大締付け速度	480rpm	55rpm
最大締付けトルク	80N・m	1300N・m
主な機能	プログラム制御 (角度・トルク制御) 電子記録化など	

このハンドナットランナーを用いて、従来の作業に代わり、締付け精度の向上と種々の課題解決に向け、トライアルを実施した。

まず、工程1ボルト取り外しにおける、固着解放作業について、ツールユニット高トルクタイプ(以下、高トルクタイプ)を用いて実施した。作業の様子をFigure3に示す。



Figure3 ハンドナットランナーでの作業の様子

固着解放については、無理矢理ボルトを緩めると、ネジ部の損傷が起り、最悪の場合では機器側のネジ部を拡張、再タップ加工が必要で工期遅延となる可能性がある。このため、従来、熟練作業員が行っている打撃メガネによる固着解放作業を観察したところ、一定角度のみ緩めていることが分かった。このため、高トルクタイプを用いて、各ボルトの固着解放に必要な回転角度を監視した。結果一例をFigure4に示す。

その結果、解放時の緩め回転角度は、最大でも20°緩めることで、問題なく固着解放を行うことが出来ることが分かった。

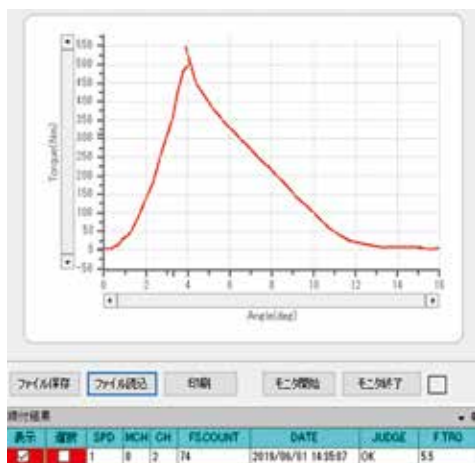


Figure4 回転角度監視モニター

次に、すべてのボルトの固着解放を実施した後、ツールユニット高速タイプ(以下、高速タイプ)を用いて、取り外しを行った。従来、この作業は、手作業で緩めながら、ボルトの「引っ掛かり」がないか検査を行いながら実施していた。このため、正常なものと「引っ掛かり」があるものに対して、緩め時

のトルク値を比較した。結果一例をFigure5, 6に示す。

正常なものは、Figure5に示すように、1Nm程度のフリクショントルクが連続し取り外されている。一方、「引っ掛かり」があるものは、Figure6に示すようにフリクショントルクが高く、かつ不安定であり、次第に大きなトルク値となることが分かった。このため、この「引っ掛かり」を検知する場合、10N・mを上限とし、自動停止制御を行うことで実現可能なことが分かった。また、AFCは高所に設置されており、ボルトを取り外す際、誤って落下させる危険性があることも分かった。このため、使用するボルトのねじ山数に合わせて、取り外す直前で停止する機能を付与させることで防止させることが出来た。特にこれには、現場作業員から感動の声が上がったことが印象的である。

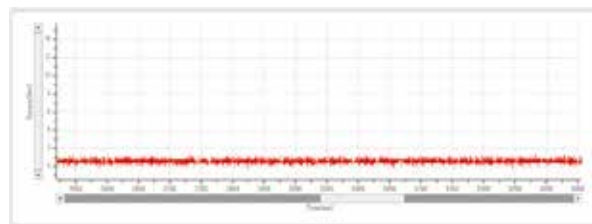


Figure5 正常なトルク値

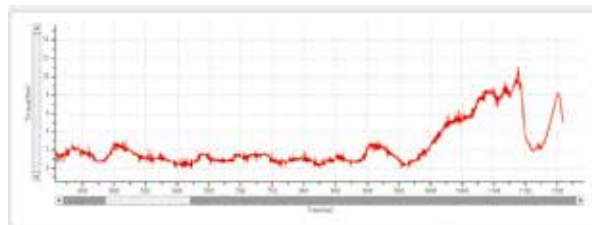


Figure6 異常なトルク値

ボルトが取り外され、機器やボルトのネジ部が検査された後、ボルトに潤滑剤を塗布し、仮締付けを行う。この工程では、高速タイプを用いて、取り外し時と逆の方法で、機器にボルトが着座させるまで仮締付けを実施した。仮締付け時に「引っ掛かり」があるものについては、自動停止するようにプログラム制御を行い、再整備の対象とした。

すべてのボルトの仮締付けがなされた後、高トルクタイプを用いて、本締付けを実施した。その結果をFigure6に示す。目標トルク392.2N・mに対して、±1%以内で高精度な締付けが実施出来た。この締付け結果については、CSV出力によって電子化が可能であり、締め忘れについては、この記録を確認することで防止が図れる。

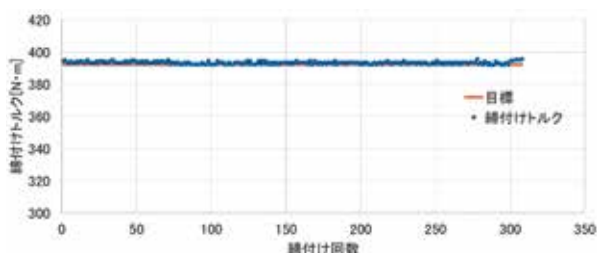


Figure7 締付け結果

ここで、すべての工程の工数低減効果について、比較した結果をFigure8に示す。これは、一本当たりに必要な作業時間を各行程で比較しており、結果、すべての工程において、工数削減が出来、全体では40%の削減が図れた。また、従来作業では、作業員の膂力・体力による違いにより、作業時間や休憩の回数などによって作業完了までの時間がばらつく可能性があるが、ハンドナットランナーでは、事前に締付け内容がプログラムされており、操作ボタンを押すだけのため、作業員によるばらつきは低い。

今回ハンドナットランナーでのトライアルにおいて、実際ハンドナットランナーで作業を行っていただいた作業員の方々に聞きすると、「今までの苦労が嘘みたい」「特に、本締付けは大変な作業で翌日は肩が上がらないので助かる」とお声をいただいたことから十分に現場でお使いいただけることと考える。



Figure8 作業工数の比較結果

4. おわりに

今回のトライアルでは、工数削減に加え、なにより、従来熟練作業員が感覚で実施していた、ネジ部の異常検知を数値化し自動化させることが出来たこと。目標トルクに対して、高い締付け精度を実現出来たことより、設備維持に関する信頼性の向上と工事品質の向上が図れた。更には、ご協力をいただいた作業員の方々からもお喜びの声をいただけたことも大きい。

今後、当製油所では、すべてのプラグタイプ AFCにおいて、ハンドナットランナーを採用する計画であり、今後、異なる機器に応じて検証を進めていく。今回のトライアルでは、検証が困難であった、異物の噛み込みやガスケットの装着忘れや2枚装着など、現場でよく起こるトラブルについて、バルカーと共同でラボ評価と合わせて計画をしている。こうした現場とラボ検証を同時に進めることで、より効率的に効果的な評価を実現出来ると考える。また、得られた結果は、プラグ対応 AFCを採用しているユーザーに広く周知していきたい。

最後になったが、今回のトライアルは、展示会時に相談しトライアルを開始まで、実に3ヵ月間と短い期間であったが期待以上の成果となった。これは、本取り組みに関わったすべての方々の熱い情熱とチーム力がなければ達成出来なかったと思う。ハンドナットランナーメーカーである株式会社エスティックの飯田氏を始め技術担当の土田氏。また、携わっていただいたすべての関係者の方々に深く感謝を述べたい。



長谷川 誠

昭和四日市石油株式会社
四日市製油所
製造一部 製造一課



山邊 雅之

H&S営業本部
本部長付