

温度差によるフランジ締結力変化 体験学習設備

1. はじめに

石油精製プラントでは配管などの接続に数え切れないほど数多くのフランジが使用されている。それらのフランジ締結部から内部流体の漏洩がほとんどないため、多くの人はフランジから内部流体が漏れるということをほとんど意識せずにプラントの運転を行っている。また、金属材料は温度変化で伸縮するということは一般的な知識として知っているものの、フランジ締結力と関連付けてオペレーションを行なっているかは、知識や経験によるものが大きいと思われる。

ベテラン社員では、過去の失敗経験からフランジは漏れるものという認識はあるものの、経験の少ない若手社員はフランジ締結部から漏洩が起こるということがあまりイメージ出来ない。

配管が温度変化した場合、フランジ締結力に影響を及ぼし、場合によっては面圧の低下から内部流体が漏洩するということを学ぶことがプラントの安全操業には不可欠なことであり、プラントの操業に係わる人が身につけていなければいけない知識である。

当製油所において、運転開始作業中にフランジ締結部からフラッシングオイル(軽油)が漏洩した事例が過去にあった。漏洩は、フラッシングオイル(約25℃)を導入した際、接続する熱油配管(約200℃)との接合フランジで急激な温度低下がおこり配管に熱ひずみが生じ、フランジ締結部の面圧が低下したことによるものであった。

以上のようなことから、温度変化によるフランジ締結部の面圧低下及びその後の内部流体の漏洩を体験学習を通じて学ぶこと、及びメカニズムを知ることはプラントの安全操業には不可欠なものであるという思いから、株式会社バルカー殿に体験用装置の製作及びその装置を使用した体験学習プログラムを作成いただいた。

本報では、体験学習装置を用いて実際に教育を行った状況を報告する。

2. 体験学習装置概要

2-1) 仕様の検討

体験学習装置の仕様検討において、流体温度(高温、低温)は当社の事例に近い温度を採用し、研修として使用するため安全性への配慮を行った。研修プログラムを踏まえて装置を設計し、設計案を両社で協議し、協議結果を反映した装置を製作していただいた。

2-2) 装置概要

完成した装置の外観をFigure1に示す。中央部がフランジ締結力をモニタリングするフランジで、左手デスク上のモニターで各ボルトの締結力が表示される。



Figure1 体験学習装置 外観
(左側が高温部、右側が低温部)

2-3) 学習手順 (Figure2 参照)

- ①高温側の流体温度を約200℃に設定し、低温側流体(約20℃)のない状態のフランジ締結力をオンラインでモニタリングし、締付状況(バランス)をモニターにて確認する。
- ②低温側流体を徐々に導入し、配管内のレベルをのぞき窓(Figure1の右側フランジ)より目視で確認する。
- ③低温流体を入れることにより、フランジ締結力(バランス)がどのように変化するか確認する。
- ④本体験を通じて、内部流体の漏洩につながるフランジ締結力の低下を体験し、担当するプラント装置の運転時に注意

することを各自が考察する。



Figure2 体験学習装置実習時の様子
(手前が研修生、奥が講師)

3. 研修プログラム

STC奈良に本体験装置を設置していただき、フランジ締結に関する既存の装置と教育プログラムに本研修を組み合わせた研修プログラムを検討していただいた。なお、研修プログラムは製造部門と工務部門で異なる内容としている。(製造部門では、小径配管のガスケット交換や増締めを自分達で行うため、フランジ締付方法に関して、工務部門より約1時間多くの時間を充当している。)

3-1) 製造部門

座学講習 1.5時間 (Figure3参照)

- ・ガスケットとは
(シールとは／許容漏れ量／求められる特性他)
- ・ガスケットの種類、施工
(締付方法／増締め他)
- ・故障事例
(施工不良、選定ミス他)



Figure3 座学講習時の様子

実技講習 4.5時間 (Figure4, 5, 6参照)

- ・ガスケットのフランジ締付方法
(目標とする締付力に対して、実際に各講習者が締付けたときの締付力を比較し、自身の技量を把握する。)
- ・ガスケットのクリープ緩和、シール性、圧縮破壊
(ガスケットの温度特性であるクリープ現象、過度あるいは締付力不足による不具合の体験)
- ・ボルトの管理状態の影響
- ・新装置を用いた実習(前述)



Figure4 実技講習時の様子



Figure5 実技講習時の様子

3-2) 工務部門

座学講習 2.5時間

- ・ガスケットとは
- ・ガスケットの種類、選定、施工

実技講習 3.5時間

- ・ガスケットのフランジ締付け方法
- ・ガスケットのクリープ緩和、シール性
- ・ボルトの管理状態の影響
- ・新装置を用いた実習(前述)



Figure6 実技講習時の様子

研修は、座学と実技講習を関連付け、各参加者が実習目的を自ら考え、体験し、その結果を確実に理解出来るように、各回4名の少人数参加で行っていて、緊張感を持って実習している。また、安全面の対策は予め十分に考慮されているが、少人数で行うことで緊張感を持続させ、不慮の怪我を起こさせないことも意図している。

なお、当初の研修時間は9:00～17:00であるが、四日市から片道2時間ほど掛かり、特に交替勤務者の勤務への負担が大きいことから、座学講習は複数回まとめて当社内で実施し、奈良STCで実技のみ行うかたちに変更している。

4. 研修の成果

株式会社バルカー殿は研修の最後にアンケートを実施し、参加者の意見を次回以降の講習にフィードバックしている。

当社のこれまでの参加者(12名)のアンケート結果をまとめると

- ①全体の満足度：平均4.7
(5段階 満足度高5⇔低1)
- ②当初期待と実際の内容の相違：平均 4.8
(5段階 期待通り5⇔期待外れ1)
- ③座学の理解度：平均 4.3
(5段階 よくわかった5⇔わからない1)
- ④実技の理解度：平均 4.7
(5段階 よくわかった5⇔わからない1)

実技に関しては、平均4.7と高い理解度を示している。

また参加者の感想として

「フランジ急冷による締付力の変化が予想より早く驚いた」

「冷却されたことによる締付力の低下をリアルタイムで確認出

来たことにより理解し易かった」

「実際に起きた事例に関する装置を体験することで10年後、20年後まで薄れることなく、危険性を認識出来る非常に良い体験となった」

など、体験学習装置に関して、好意的な感想を持たれたようである。

ほとんどの参加者が本講習を職場の同僚(特に後輩)に紹介したいという感想を持たれており、上記のように満足度、理解度も高いこともあって、本講習への参加によりフランジ締付力の管理を強化していくことは有効と判断し、今後も本講習を当社教育プログラムの一環として、未受講者の参加を計画している。

5. おわりに

当社では、構内に教育用配管&バルブ設備を設置し、新入社員教育の一環として、フランジ締付けなどの基本操作を覚えてもらい、自主保全活動として行うガスケット交換やフランジ締付作業の重要性を教育している。フランジ締結部の面圧低下は、内部流体の漏洩など、大きな事故に繋がるおそれがある。一方で製油所の運転・保全を担当していても、面圧低下のメカニズムを実体験する機会はほとんどなく、トラブルが起きて、改めてその重要性に気づかされることが多い。

今回、温度変化によるフランジ締結部の面圧低下及びその後の内部流体の漏洩を体験学習を通じて学ぶこと、及びメカニズムを知ることはプラントの安全操業には不可欠なものであるという思いから、株式会社バルカー殿に体験用装置の製作及びその装置を使用した体験学習プログラムを作成いただいた。

体験学習装置を用いて実際に社員教育を行った結果、その有効性が確認出来たため、今後も本装置及び体験学習プログラムの受講を通して、フランジ締結力の管理の重要性を社員に教育していきたい。また、多くの会社にも本プログラムを受講いただくことにより、工場などにおける同様のトラブル防止に繋がれば幸甚に思う。

最後に本装置を製作いただき、また今回報告の機会をいただいた株式会社バルカー殿及び代理店の東洋産業株式会社殿に感謝いたします。

6. 参考文献

- 1) 村松晃：バルカー技術誌. No.33, 15-18 (2017)



高村 健一
昭和四日市石油株式会社
四日市製油所
工務部装置管理課