

大口径フランジのボルト締結における ツール選定と施工上の注意点

1. はじめに

ボルトの締結は作業に用いられる締付けツールには、様々なものがあり、使用する環境や求める締付け精度に応じて、適切なツール選定を行い、そのツールを正しく使うことで、作業負担を軽減し、締結精度や作業効率、安全性を向上することができる。

ボルトの締結作業は、プラントの建設時のみならず、保守点検の際にも必ず付いてまわる作業でありながら、管理が難しく、作業者の勘や経験を頼って行われているケースが現在においても散見される。また、熟練作業者の減少とともに、プラントでの漏えい事故や火災などの大きな要因となっているにも関わらず、系統だった締付けツールの選定や使用方法の教育などあまり行われていない。近年、諸外国ではフランジ締結作業資格の認定制度¹⁾を設け、漏えい防止に一定の成果が出ているようだが、こと日本国内においては、設備オーナーやエンジニアリング会社の判断に委ねられているのが現状である。

当社では、主に人力では締付けることが困難な大型ボルトの締付けに用いられるツール販売、レンタルを行っており、都度作業者が変わり、締付けスキルが安定しない現場でのスーパーバイザーにも力を入れており、好評を博している。

ここでは、これまで当社が現場で培った締付け作業におけるツールの選定、施工上の注意点を2つに分けて述べていきたい。

2. 適切なツールの選定

まず、ツールを使用するメリットとして以下が挙げられる。

施工品質上のメリット

- ・ボルトに正確な締付け力を与える。
- ・ガスケット、フランジ、ボルトに対して過度な負荷を与えない。
- ・トルク値や軸力値で管理できるため、再現性がある。

作業上のメリット

- ・少人数化や作業時間の短縮による工数低減ができる。
- ・重筋作業を無くし、作業者の負担を軽減できる。
- ・狭所など周囲にスペースの無い場所でも作業ができる。

これらのメリットを享受するためには、現場に合わせたツール選定を行うことが非常に重要となるため、ひとつずつポイントについて、解説する。

① 締付けトルク値もしくは軸力値

締付けトルクが判明したら、ツールの最大出力の70%以下でそのトルクが発揮できること。

【ポイント】ツールの締付け能力を考慮する。

目安として、目標トルク値の1.5倍程度の能力を持つツールから候補を選定する。軸力値(ボルト伸び値)を目標とする場合は、Figure1に示すようにボルトテンショナーまたは、油圧トルクレンチと超音波軸力計による管理となる。



Figure1 超音波軸力計による伸び計測

② ボルト、ナットの形状、本数

全ネジボルト、植込みボルト、六角ボルト、袋ナットなど、ボルト、ナットの形状でツールが限定されるため、ツールが装着できること。

【ポイント】ツールが装着できるか確認

ナット頂面より、ボルトが長く突き出している場合は、六角ソケットが装着できないため、センターホール型のツールやボルトテンショナーを選定する必要がある。

【ポイント】ツールのスピードを考慮

1本あたりの作業時間を短くするため、締付

けスピードの速いツールや、複数台での同時締付けを考慮する必要がある。

③ 周囲のクリアランス、設置環境

締付け対象ボルト周囲のクリアランスや設置環境を確認する。

【ポイント】ボルトの軸方向へのスペースの有無

エアートルクレンチなど、いわゆるピストル型のツールは軸方向にスペースが大きく必要であるのに対し、油圧トルクレンチは省スペース性に優れるので適用範囲は広い。ただし、配管のエルボの下など、部分的にスペースが無いケースには注意が必要である。

【ポイント】ツールを設置する向き

作業性に大きく影響を及ぼすので、特に下から行う場合には、ツールの重さが重要である。10kgを超えるツールを下から上向きに使う場合は、何らかの保持及び落下防止対策が必要である。

④ 確保できる動力源

準備ができる動力源の確認をする。

【ポイント】200V電源、安定した圧縮空気を確保

動力が無い場合は倍力レンチか、バッテリートルクレンチ(充電は必要)の選択となる。ボルトテンショナーをハンドポンプで加圧することも可能である。

上記の要素を踏まえて、Table1にある各ツールの特長を当てはめると、候補となる機種が浮かび上がってくる。中でもボルトテンショナーは、トルク法での締付けとは異なり、ボルトを直接、引っ張ることで軸力を与えるツールであり、接触面の摩擦係数の影響をほとんど受けないため、高い締付け精度とねじ部やフランジ面を傷つけないメリットがある。ただし、ボルトテンショナーで締付けを行うことを前提として設計されていない機器が多いので、既存設備に適用するには、ボルトを交換するなど一部設備の改造が必要となることがある。

3. 施工上の注意点

3-1) ボルト、ナットの手入れ

次に大切なのは、締付け対象のボルト、ナットの手入れである。特にトルク締付けの場合は、この手入れ状態の違いで

Table1 各ツールの特長と評価

	倍力レンチ	バッテリートルクレンチ	エアートルクレンチ	油圧トルクレンチ	ボルトテンショナー
対象ボルト	M16~36	M20~48	M20~56	M30~76	M30~100以上
トルク範囲	300~2,000N・m	500~4,000N・m	500~6,000N・m	1,000~30,000N・m	軸力(kN)で管理
主な特長	軽い力で非常に大きなトルクを負荷できる	コードレス&ピストル式の簡単な操作	ピストル式の簡単な操作	同じトルクなら最も小型で軽量	ねじのかじり無し 多数本同時締付け可
メリット	動力いらず	誰でもすぐ使える スピードが速い	誰でもすぐ使える スピードが速い	トルク精度が高い トルクの範囲が広い	精度の高い締付け 共回りしない
弱点	締付けに時間がかかる	定期的な充電が必要	安定したエア供給が必要	ポンプと油圧ホースが必要	セットが面倒 ツールが重い
動力源	不要(人力)	充電式バッテリー	圧縮空気500Kpa~	圧縮空気500Kpa~、 電源100V、200V	圧縮空気500Kpa~
防爆対応	○	×	○	○ポンプに準ずる	○
適用条件1	ボルト軸方向に250mm以上のスペースが必要	ボルト軸方向に500mm以上のスペースが必要	ボルト軸方向に500mm以上のスペースが必要	ボルト軸方向のスペースは最小限でよい	ボルト軸方向に概ね300mm以上のスペースが必要
適用条件2	隣接ボルトなどでの反力点の確保	←	←	←	ボルトの頭が1d以上の飛び出し必要(d:直径)
管理方法	入力トルクレンチ	デジタルプリセット	エア圧力	油圧力~70Mpa	油圧力~150Mpa
同時締付け	不可	不可	不可	可(~4本)	最適(2本~半数)
作業人数	1人/台	1人/台	1人/台	1~2人/台	0.5~1人/台
ナット装着	ソケット	ソケット	ソケット	ソケットor直掛け	ブラーバー
スピード	☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆
精度	☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆☆
操作性	☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
ツールの軽さ	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆☆☆	☆
多数本締付	☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆
多サイズ対応	☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
導入コスト	☆☆☆☆☆	☆☆☆	☆☆☆	☆☆	☆☆☆

ボルトに負荷される軸力が異なるため、非常に重要である。

以下①～④は手入れの手順を示している。

- ① 錆びやスケールの除去
- ② ねじ山の損傷の手入れ
- ③ ナット座部やねじ部への潤滑剤の塗布
- ④ フランジ表面の平滑さ(不可ならワッシャー取付け)

これまで立ち会った現場では、①、②は行われているが、③が不十分なケースが多く見受けられる。トルク締付けの場合、摩擦の影響を大きく受けるナット座面には、潤滑剤を塗布することで軸力値は大きく変動する。また、フランジ表面の状態が良くない場合、ワッシャーを入れることで改善される事例を多く経験している。

また、全ネジボルトの場合、締付け側と反対側のナット座面に潤滑剤を塗布しないことで、共回りが起きにくくなる。

3-2) 締付け手順

ガスケットを均一に圧縮しながらフランジのボルトを締めるには、JIS B2251²⁾やJPI-8R-15³⁾などに示されるように、段階的に行わなければならない。

現実的にこれらの基準は、守られているとは言い難く、また、あくまでも1台のツールを使用した際の手順を示したものである。ツールの台数によっても適切な手順が異なってくるので、ツールの台数に合わせた効率的な手順の制定を行うことが望ましい。

その中で当社が特に推奨するのが、Figure2のように最低でも対角に2台以上のツールを使用する並行締付けである。



Figure2 油圧トルクレンチ2台による並行締め

締付け完了までのボルト1本当たりの作業回数が少なくて済み、施工時間の短縮と、均等なガスケット圧縮効果が得ら

れるので、特に片締めによる不良を防止できる。この効果については、日本バルカー工業株式会社殿のシールトレーニングセンター⁴⁾にて、大口径フランジでの並行締付けの体験ができる設備が整っているため、ぜひその効果について実体験をお勧めしたい。

3-3) 反力点の注意

トルク締付けを行うツールは、基本的に反力を取らなくてはならない構造である。安定した反力点の確保が、正確な締付け力と安全性に直結するので、締付けたいナットの中心から水平延長線上を基準とした位置で、力が掛かったときに反力アームがしっかり固定されることが重要である。一般的なフランジの場合は、隣接するナットで反力点が確保できるケースが多いが、それ以外の場合は、事前に正しく反力点が確保できるか十分にチェックしておきたい。

3-4) 効率のよい作業のために

ツールを選定し、実際の作業に入るにあたり、ちょっとした準備を行うことで施工時間に大きな差が生じることがある。このため、可能な限り以下を準備しておくことをお勧めする。

① バックアップレンチ

Figure3は、バックアップレンチの写真である。締付け側と反対側のナットにセットして共回りを抑え、簡単に取り外すことができるツールである。これが無いと、打撃スパナや鑿などを用いて共回りを抑えねばならず、ナットを締める時間よりスパナを外すのに時間を費やしてしまう。



Figure3 バックアップレンチ

② 吐出量の大きな油圧ポンプ

油圧トルクレンチやボルトテンショナーのスピードはポンプの吐出量で決まるため、特に大型のツールを使用する時には大きな差が生じる。ただし、可搬性が悪くなるため現場

の状況を考慮し、検討されたい。

③ 長すぎない油圧ホース

油圧ホースが長すぎると、足場などで邪魔になり、取り回しが悪だけでなく、ツールのスピードも遅くなってしまいます。5m程度を基準にする。

④ ナットスプリッター

Figure4は油圧式のナットスプリッターの写真である。これは緩め時に限定されるが、ナットとボルトの固着が激しく、ナットが回らなくなることがある。その際に油圧力でナットを素早く切断し、ボルトを抜くことができる。



Figure4 ナットスプリッター

4. おわりに

大口径フランジに用いられるボルト締結におけるツール選定と施工上の注意点について、解説した。

当社はこれまで、現場でのボルト締付け作業の問題や課題を解決することを一番の目的に、現場で役立つ製品の開拓、個々の現場に合わせたツール選定とタイムリーな手配、

取扱いの立会い指導、超音波軸力計による締付け管理などを行ってきた。

その経験の中で、ほんの些細なことを知らなかったり、出来ていなかったりすることで、トラブルに繋がっている例を数多く目にしてきている。20年前はまだ熟練の職人の方がいて、見事なハンマー振り作業をよく目にしたものだが、実際に締付けたボルトを超音波軸力計で計測すると、ほとんどが過剰な締付けになっていたものである。おそらくガスケットが本来の機能を果たしていない状態のフランジがたくさんあったと想像される。

日本バルカー工業株式会社殿が展開しているシールトレーニングセンターの取り組みは、「知らなかった」を無くし、ユーザーが抱える未知によるリスクを大幅に減らすことができるはずである。

そして、フランジ締結部における漏えい原因の多くを占める「施工不良」のうち「ボルト締付け」のパートに当社の製品やサービスを加えることで、机上では得られない経験値を深め、設計者から作業者に至るまでに有益な情報提供ができることを目標に、「シールの選択からボルト締付けの完了」までをトータルサポートができる体制を共同で築いていきたい。

5. 参考文献

- 1) 配管技術誌：2017.11月号 菊池 務・近藤康治 『フランジ・ボルト締付管理規格』
- 2) フランジ継手締付方法, JIS B 2251 (2008)
- 3) フランジ・ボルト締付管理基準, JPI-8R-15-2013
- 4) 村松 晃：バルカー技術誌：No.33, 15-18 (2017)



北原 真一

トルクシステム株式会社
代表取締役