

# JAMSEC フランジ締結技能講習制度における BT Master™ の活用

レイズネクスト株式会社 近藤 康治

## 1. はじめに

プラントメンテナンスにおける施工業界団体である一般社団法人日本メンテナンス工業会(以下、JAMSEC)では、フランジ締結作業向けに「フランジ締結技能講習」制度を構築し、プラント業界内で展開を図っている。この講習は作業者に最低限知っておいてほしいフランジ締結に関する知識と技量の習得を目的としており、基礎講習(20分)、実技講習(10分)、理解度テスト(5分)および技量確認(10分/人)で構成されている。実技講習と技量確認では、フランジのボルト軸力を見える化したボルティンク・シミュレータ(以下、B・S)と呼ばれる教材を用いるが、JAMSECではニチアス社製のBT Master™(以下、BT Master)を標準B・Sとして採用している。本稿では、JAMSECフランジ締結技能講習制度の概要とBT Masterの活用について紹介する。

## 2. JAMSECのフランジ締結技能講習制度

フランジ締結作業はプラントメンテナンスにおける重要な作業にも関わらず、作業や施工管理者に対する公的資格や標準化された教育制度がないために、JAMSECではワーキンググループ(以下、WG)活動により作業者向けの「フランジ締結技能講習」制度を構築し、2021年10月より本技能講習を開始した。この技能講習はフランジ締結作業者に最低限知っておいてほしい知識と技量を習得する教育で、JAMSEC会員企業(傘下を含

む)の作業者が、教育実施会社によらずどこでも同じ教育を無料で受講できることをコンセプトとしている。また、そのポイントは以下の4つである。

- ① JAMSEC 認定講師による技能講習
- ② JAMSEC で標準化した基礎教育資料
- ③ B・S教材を活用した実技講習と技量確認
- ④ 受講証と受講シールの発行と受講者管理

1つ目は、教える講師によって教育の効果が異なってしまう可能性があるために、技能講習はJAMSEC認定講師が行う点である。認定講師になるための要件は、JAMSEC会員企業から推薦を受けた社員(専属契約者と連結子会社の社員を含む)、講師としての知識と教えるスキルがある者の証として「フランジ締結トレーニング指針」(HPI TR Z110:2018)の管理者訓練(相当)を修了している者、審査会における認定後にJAMSEC技能講習の講師を行いJAMSECが主催するスキルアップ研修などに参加できる者、である。審査会では、申請書類の書類審査、ペーパーテスト、BT Masterによる技量確認および模擬技能講習を行い、2名以上の審査員(認定講師)により認定される。審査会は、毎月定期的に、また要望のある地方で臨時に開催されている。図1は、認定講師審査会の実施例を示す。

2つ目は、作業者に最低限知っておいてほしい知識を20分程度の基礎講習で用いる教育資料である。図2は、基礎教育資料を示す。これは、レイズネクストの社内教育資料をベースにWGメンバー全員の知見により資料を再構築して、どこでも同じ教育ができるように標準化したもので、

8枚のスライドは2in1形式でA3冊子印刷により1枚に収まるように工夫されている。見開き部は、特に重要な4枚のスライドが配置されている。また、ナレーションを吹き込んだ動画も制作しているが自習用に活用することとし、技能講習では認定講師の肉声で行う。図3に、基礎講習の実施例を示す。



図1 認定講師審査会の実施例



図2 標準化された基礎教育資料



図3 基礎講習の実施例

3つ目は、ボルト軸力が見える化したB・S教材を活用した実技講習である。次の3つのフランジ挙動を実演することで、基礎教育の理解を深める。  
 1) トルクを掛けるとボルトが伸ばされ軸力が発生すること、  
 2) ボルト締結により隣のボルトが影響を受ける弾性相互作用が発生すること、  
 3) フランジの片締めを防止するセットアップと初期

締付けが重要であること。続いて、フランジの締付け手順の説明を行う。その後、受講者は一人ひとりフランジ締結を行い、B・Sの技量判定機能を利用して技量確認を行う。JAMSECの標準B・Sであるニチアス社製のBT Masterでは、総合評価A, B, Cが合格となる。また、他のB・SについてもJAMSEC技能講習で使用することが可能であり、バルカー社製のMSTS（新Ver.の横置き限定）ではBest, Better, Goodが、明治屋社製のD-BOLVIS®ではSUPER, ★★★, ★★, ★が合格となる。図4に、技量確認の実施例を示す。

4つ目は、JAMSEC技能講習の受講者管理であり、理解度テストと技量確認に合格した受講者には認定講師のロゴが入った受講証（5年間有効）とヘルメットに貼るシールが発行される。技能講習実施会社は、B・Sから出力される全データを管理するとともに、JAMSEC事務局に所定のデータ（受講日、個人ID、講師ID）を送付する。JAMSECでは個人情報を取り扱うことなく、技能講習全体の実績と認定講師の技能講習実施状況が把握できる。図5に、BT Masterから出力されるカードサイズの受講証（例）とシールを示す。



図4 技量確認の実施例

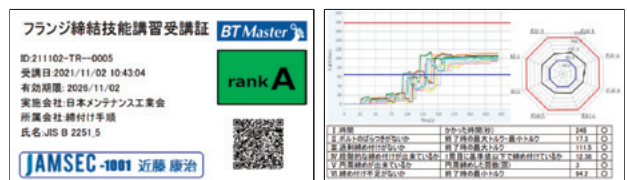


図5 JAMSEC技能講習受講証（例）とシール

### 3. BT Master™ の活用

JAMSECのフランジ締結技能講習制度では、B・S教材を用いて実技講習(実演)により基礎講習で習ったフランジの挙動を理解するとともに、判定機能を活用した技量確認を行う。WGでは、市中のB・Sの調査を行い、当時開発中であったニチアス社製BT Masterを標準B・Sとして選択し、ニチアス担当者とともにJAMSEC版B・Sとして使用できるように改良を重ねた。以下、BT Masterの特徴と使い勝手などを紹介する。

図6に、BT Master装置の基本構成を示す(フランジ本体、計測器(データロガー)、パソコン)。オプション品として、QRコードリーダー、ハンディプリンター、ラミネーターおよびフランジ締結用のスパナ類がある。また、BT Masterは現場の仮設ハウスで使用することを想定し、フランジ本体およびそれを支えるベース架台を分割式とし、それらを5つの梱包ケース(図7参照)に収納して通常の宅配便で輸送ができるように工夫されている。組立および分解は、それぞれ30分程度で行うことができ、ユーザーとしては有難い点である。

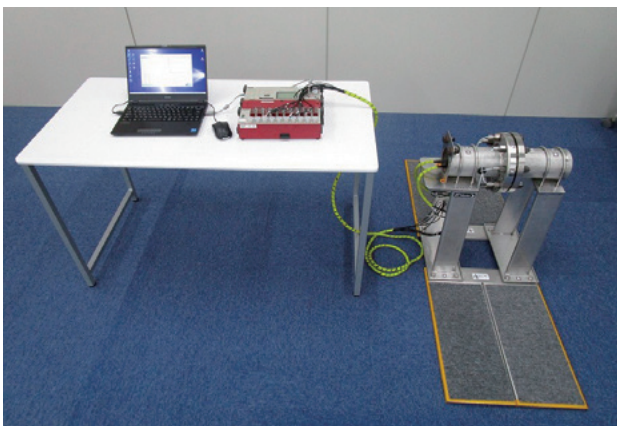


図6 BT Master™ の装置構成



図7 BT Master™ 収納・運搬用の梱包ケース

ハード面では、以前JPI 3B 150LBフランジを用いていたものを、他のB・Sと合わせJPI 4B 150LBフランジに変更している。図8は、現行のBT Masterフランジ本体を示す。他のB・Sはボルトの締付け側がフランジのみであるのに対し、フランジの両端に配管が接続されており、より現場に近い形状である。また、センサー取付け側は固定されているものの、ナットが取り付けられており、両方のナットにスパナが使用できることでより現場に近い作業環境での締付け実習が可能である。配管はベース架台に4本のUボルトで固定されているが、これをルーズにすることでフランジのアライメント調整の訓練も可能である。BT Masterの目標締付けトルクは97N・mに設定されているが、トルク確認用ボルト(図8右側の2本のボルト)をトルクレンチで締付けることにより、引き上げと押し込み双方向の締付け感覚が確認できる。また、フランジボルトとデータロガーとの接続ケーブルは、モジュージャックによる中継としているので、組立および分解の邪魔にならず、使い勝手が良い。

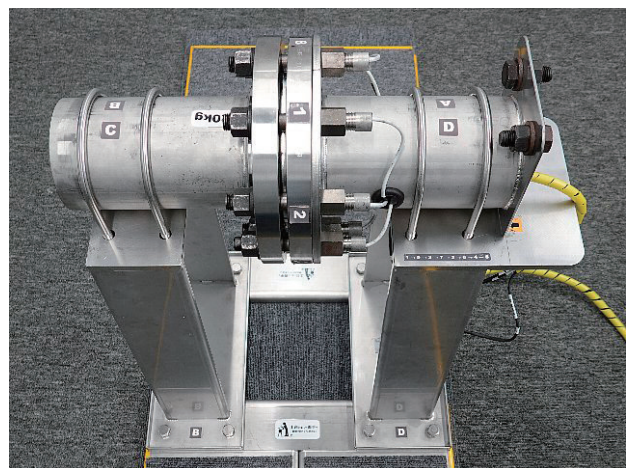


図8 BT Master™ のフランジ部本体

ソフト面では、先行している2種のB・Sの不足部分を補う工夫や新しい技術が投入されている。図9に、BT Masterの画面を示す。右下のロゴは、JAMSEC会員企業向けのものであり、会員企業以外への販売の際にはニチアス社のロゴマークとなる。

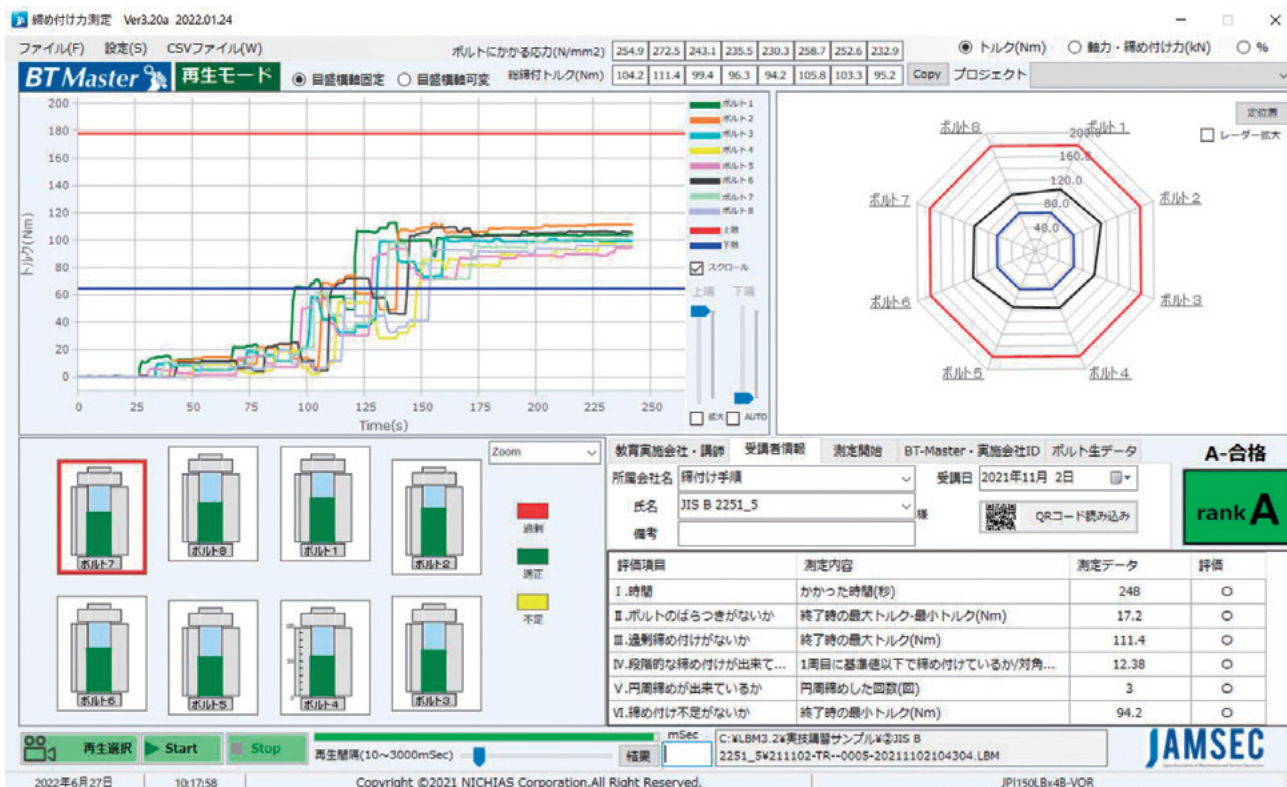


図9 BT Master™ の画面構成

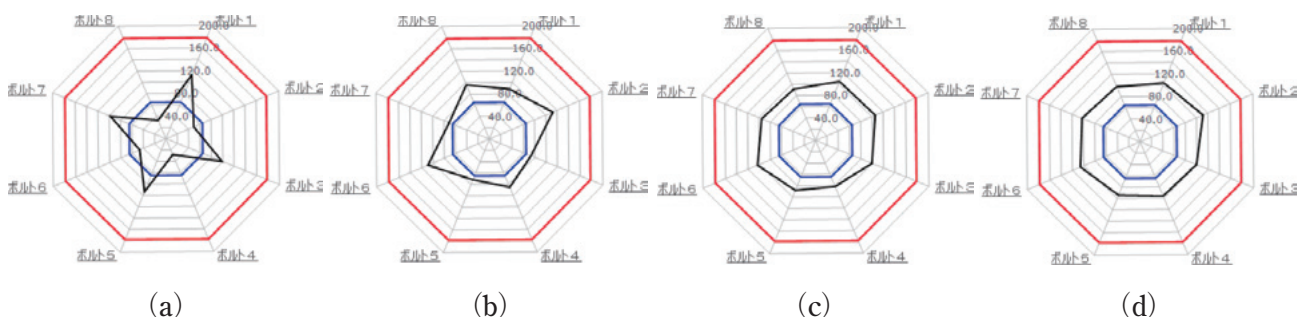


図10 JIS B 2251 締め付け手順によるボルト軸力のばらつきの変化

左下の棒グラフは、ボルト配置に合わせた位置に現在のボルト軸力の大きさがカラー表示される(黄色:不足, 緑色:適正, 赤色:過剰)。さらに、ボルト締結が行われたと判断されたボルトは、棒グラフの黒枠が赤色(図9のボルト7参照)となり、締め付けの順序を確認するのに役立つ。

右上のレーダーチャートは、現時点の各ボルト軸力が黒色の八角形で表示され、そのばらつきを確認することができる。青色の線は最低締め付け軸力(締め付け不足)を、赤色の線は最大締め付け軸力(過剰締め付け)を示しており、最終のボルト軸力をこの間に収める目安となる。

左上の折線グラフは、8本のボルト軸力の履歴グ

ラフを示すが、ボルト締結がどのように行われたかを確認できる重要なグラフである。以上の3つのグラフはボルト軸力の大きさを表しているが、表記としてはトルク値に換算したトルク(Nm)がデフォルトとして設定されている。軸力・締め付け力(kN)への切替も可能である。

右下の表は、技量判定に用いる6つの判定項目に対する測定データとその評価(○, △, ×)がリアルタイムに表示される。それらの組合せにより総合評価A, B, C, D, Eのいずれかが表示される。6つの判定項目にはJIS B 2251:2008の締め付け手順を判定できるように必要な項目が設定されている。技量判定はJIS B 2251の締め付け手順をベー

スに行うが、ボルト軸力を少しずつ増加させる「理想的な締付け手順」を行った場合でも判定できるように、各閾値は適切な設定となっている。総合判定の A, B, C は合格、D, E は不合格としているが、最低締付け力に達していないボルトがある場合（判定項目 VI）や初期の対角締付けが適切に行われていない場合（判定項目 IV）には、合格にならない。

総合判定の左側のエリアは、フランジ締結実施者などの情報入力を行う場所で、実施会社名、事業所名、講師名、受講者所属会社名、受講者名などがある。また、事前に必要データをファイルに作成しておき、選択入力することができる。受講者情報については、QRコード化して事前に印刷しておけば QRコードリーダーで入力することも可能である。測定モードは、締付けデータを記憶する本番モードと記憶しない練習モードがある。JAMSEC 技能講習では、練習モードを用いて前述の実演を行い、受講者の技量確認は本番モードを使用する。練習モードと同じ画面が表示されるが、締結者本人は画面を見ないように締結を行ってもらう。これは、本技能講習の目的が教育であり、待機している者がこの画面を見ることで理解が深まるからである。もっとも、判定機の様に画面を表示しない設定も可能である。

左下の再生選択、Start および Stop ボタンは、採取した締付けデータを再生するリプレイ機能用のものである。図 9 は、JIS B 2251 の手順で締付けを行ったリプレイ画面であり、動画の様に再生することで締付けの確認ができ、締付け方法を指導する上で、非常に便利な機能である。例えば、図 10 は、図 9 のレーダーチャート部の抜粋であるが、(a) は対角 100% で 4 本締付け終了時の状況（手裏剣状）であり、(b) は対角 100% を 8 本締付け終了時の状況（四角形に近い形状）である。即ち、対角手順での締結では、ボルト軸力のばらつきが大きいことがわかる。(c) はその後に円周締付け 1 周後の状況で、ばらつきがやや解消されている。(d) は円周締付け 4 周後の状態で、軸力のばらつきがかなり解消され良好な締結になっていることがわかる。リプレイの画面を見せながら、この説

明を行うと受講者の理解が深まる。

最後に、左上のメニュータブの機能を紹介する。ファイル、設定および CSV ファイルの 3 つのタブが用意されている。ファイルタブでは、受講者データ (CSV) 読み込みと受講証印刷などを行う。受講データ (CSV) 読み込みは、前述した受講者情報のファイルを選択し、QRコード付きリストを印刷する機能である。受講証印刷は、カードの両面に技能講習受講証(図 5 参照)を印刷する機能で、JAMSEC 認定講師ロゴも印字される（空欄にして認定講師スタンプの対応も可能）。JAMSEC 技量確認では次の受講者が準備している間にモバイルプリンターで印刷を行い、ラミネート処理後にシールとともに即時発行している。設定タブでは、イニシャル計測と受講証画像読み込みなどを行う。イニシャル計測は、ボルト軸力のイニシャル設定機能であり 8 本のボルトに負荷が掛かっていない状態で、通常はシステム立ち上げ時に一度行う。受講証画像読み込みは、前述した受講証に印字される JAMSEC 認定講師ロゴを切り替える機能である。デフォルトでは、ニチアス社のロゴマークが登録されている。CSV ファイルタブは、受講者情報 (INF\_\*.csv) を受講者会社毎に統合する機能で、受講者人数が多い場合には便利である。

BT Master で測定したデータは、所定のフォルダーに所属会社名、その下の階層に受講者名のフォルダーが作成され、4 種類のファイルが保存される（個人 ID.txt, INF\_個人 ID-タイムスタンプ.csv, 個人 ID-タイムスタンプ.csv, 個人 ID-タイムスタンプ.LBM）。技能講習実施会社は、必要に応じてこれらのファイルを各社決められた場所に保管する。また、JAMSEC で開発した専用ツールで JAMSEC 事務局へ送付する所定の CSV ファイルを作成する。

BT Master は、JAMSEC フランジ締結技能講習の標準 B・S 教材として改良を加え、2021 年 8 月より販売を開始している。JAMSEC の認定講師および一般ユーザーの継続的な活用により、さらなる要望に対して改良が行われ、進化していくものと思われる。

## 4. おわりに

JAMSEC フランジ締結技能講習は、2021年10月から開始され、現在、約2,600名が受講している。表1は、認定講師の在籍する会社と認定講師数を示し、96名（18社）が認定されている。

表1 認定講師所属会社（2022.8/9現在）

No	認定講師所属会社	認定講師数
1	レイズネクスト	15名
2	山九	12名
3	ニチアス	10名
4	エムイーシーテクノ	9名
5	高田工業所	8名
6	千代田工商	8名
7	日揮	6名
8	山九プラントテクノ	5名
9	富士興業	4名
10	キッカワ	3名
11	バルカー	3名
12	中部プラントサービス	2名
13	泉州プラント興業	2名
14	澤機工	2名
15	中谷エネテック	2名
16	トルクシステム	2名
17	トヨーカネツ	2名
18	向陽プラントサービス	1名
赤字：認定講師連絡会委員会社		合計96名

これまでフランジ教育に関する活動はWGで行ってきたが、2022年度からは認定講師の「現場の声」を反映させるために認定講師全員で構成する「認定講師連絡会」へ移行した。認定講師から7名の委員（表1の赤色会社）が選出され、定期的に対面会議を開催（偶数月）している。委員以外のメンバーは、web形式で参加し「現場の声」を伝え、制度の維持管理およびブラッシュアップの検討を行っている。また、認定講師に対してスキルアップ研修（8月実施）を行い、講師自身のレベルアップを図っている。

設備オーナーや関連の施工会社に対するPRも継続し、本制度の認知度をさらに高めていく予定である。この活動によりJAMSECへ入会される企業も増えており、ご賛同される企業が増えれば本

制度の適用範囲が拡大し、自ずとフランジ締結技能講習の受講者が増加する。本技能講習は、JAMSEC認定講師会社の傘下の会社であれば（会員でなくても）、認定講師会社から無料で受講できる。しかしながら、適切な認定講師会社がない場合、会員企業であっても認定講師を擁立できない場合もしくは入会されない企業に対しては、その受け皿として技能講習代行制度を設けている。これは、有償とはなるが、フランジ教育業務を実施している会社のJAMSEC認定講師が技能講習を代行に行うもので、ニチアス社もそのひとつである。

フランジ締結作業者が本フランジ締結技能講習を受講することにより、フランジ締結作業者の知識と技量が向上し、何より作業者の一人ひとりがフランジから漏えいさせないという意識が強くなれば、単純なミスがなくなり、フランジの施工に起因するトラブルも減少するものと思われる。JAMSECでは、本制度が業界に浸透することで業界のスタンダードとして発展し、プラント設備の安心・安全に貢献することを目指している。

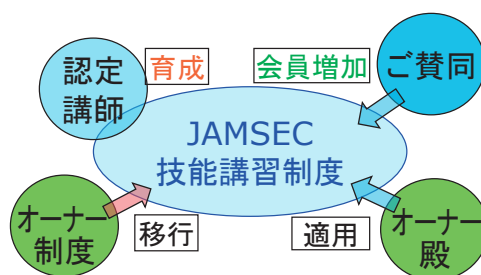


図11 JAMSEC技能講習制度のイメージ

- \*「BT Master」は、ニチアス(株)の商標です。
- \*「D-BOLVIS」は、(株)ダイセルの登録商標です。
- \*「QRコード」は、(株)デンソーウェーブの登録商標です。

## 筆者紹介



### 近藤 康治

- ・JAMSECフランジ締結認定講師連絡会リーダー
- ・レイズネクスト株式会社 工務本部生産技術部 技術開発グループ 博士（工学）

