

明 細 書

発明の名称：

シール施工の判定システム、プログラム、判定方法および学習システム 技術分野

[0001] 本発明は、配管のフランジ継手などのシール施工の判定技術および学習に関する。

背景技術

[0002] 配管や、ポンプユニットなどの流体機器の接続にはフランジ継手が用いられる。このフランジ継手の施工では、ガスケットが挟み込まれ、フランジ周縁に配置された複数のボルトおよびナットにより締結される。

このシール施工の作業管理に関し、管理サーバーに通信接続された携帯情報端末が備えられ、この携帯情報端末が取得した工具情報や作業員情報に係付けられた締付けデータが管理サーバーに提供されることが知られている（たとえば、特許文献１）。

フランジ締結のスキル判定に関し、計測部、演算部、判定部および出力部を備えることや、計測部がボルトに設置された歪ゲージから出力信号の推移を取得し、演算部が締付け作業中の歪ゲージの出力信号のばらつきを示す演算結果と、締付け完了時の歪ゲージの出力信号のばらつきを示す演算結果を取得し、判定部が各技能判定項目について、判定基準と照合して被験者の能力を三段階の技能レベルで判定し、出力部がその判定結果を出力することが知られている（たとえば、特許文献２）。

シール施工のモニタリングに関し、フランジ継手を締めつけるボルト軸力及び位置情報により、軸力分布情報を生成し、この軸力分布情報を提示してモニターすることが知られている（たとえば、特許文献３）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献１：特許第５０６５８５１号公報

特許文献2：特許第6 1 6 6 2 2 2号公報

特許文献3：特開2 0 1 7 - 1 6 1 3 8 8公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、シール施工を担当する技術者には、学習により体得した知識、シール施工の経験、経験に基づくスキルなど、多様な能力が求められる。フランジ継手ではガスケットを挟み込んだフランジの締付けに生じる片締めや弾性相互作用の影響などを無視できない。

シール施工に関し、J I S（日本工業規格）などに詳細な施工基準が明示されている。シール施工に携わる技術者はこの施工基準に精通することは当然の前提であるが、その施工基準に準拠すればそれでよいというのではなく、慎重な施工が必要である。技術者は施工勘を養い、片締めや弾性相互作用の影響がない施工、つまり信頼性の高い施工が求められる。シール施工は習熟しても、施工結果の精度が低ければ、必要なシール精度を実現することができないという課題がある。

このようなシール施工において、本発明者は対向するフランジの面間距離を計測することで、面間距離を定量的に把握し、その結果を確認すれば、シール施工の信頼性を高めることができるとの知見を得ている。

斯かる課題について特許文献1ないし3には開示や示唆はなく、これらの文献に開示された構成では斯かる課題を解決することができない。

[0005] そこで、本発明の目的は上記課題に鑑み、且つシール施工に必要な知見に基づき、シール施工の状態判定の容易化とともに、シール施工の信頼性や施工スキルの向上に資することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本発明のシール施工判定システムの一側面によれば、ガスケットを挟み込んでボルトおよびナットで締結されたフランジの面間距離により施工結果を判定するシール施工判定システムであって、ガスケットを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシー

ル施工部と、前記フランジの面間距離を計測する面間距離計測部と、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記面間距離計測部から前記面間距離の計測値を取り込んで、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する処理部と、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示する情報提示部とを備える。

このシール施工判定システムにおいて、さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する軸力計測部が備えられ、

前記処理部は、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトの軸力の計測値を取り込んで、これら計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定し、

前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示してよい。

このシール施工判定システムにおいて、さらに、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定し、前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示してよい。

このシール施工判定システムにおいて、前記処理部は、前記差の基準値に対するずれ量を演算し、このずれ量と判定基準とを比較して技能レベルを判定してよい。

このシール施工判定システムにおいて、前記処理部は、前記フランジ上の面間距離の計測部位または締付け時期の何れかまたは二以上を識別情報とし、該識別情報に関係付けて情報処理を行ってよい。

[0007] 上記目的を達成するため、本発明のプログラムの一側面によれば、コンピュータで実現するためのプログラムであって、ガスケットを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシール施工部の前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記フランジの面間距離の計測値を取り込む機能と、前記計測値の最大値と最小値の差を演算し、この

差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能と、処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全ての提示情報を生成する機能とを前記コンピュータに実現させる。

このプログラムにおいて、さらに、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトからの軸力の計測値を取り込む機能と、前記計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能と、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全ての提示情報を生成する機能とを含んでよい。

このプログラムにおいて、さらに、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトからの軸力の計測値を取り込む機能と、前記計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能と、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全ての提示情報を生成する機能とを含んでよい。

このプログラムにおいて、前記差の基準値に対するずれ量を演算し、このずれ量と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能とを含んでよい。

[0008] 上記目的を達成するため、本発明のシール施工判定方法の一側面によれば、ガasketを挟み込んでボルトおよびナットで締結されたフランジの面間距離により施工結果を判定するシール施工判定方法であって、ガasketを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシール施工部で、前記フランジの面間距離を計測する工程と、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記面間距離の計測値を取り込んで、これら計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程、または、最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程とを含む。

このシール施工判定方法において、さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する工程と、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトから軸力の計測値を取り込み、これらの計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを

判定する工程とを含んでよい。

このシール施工判定方法において、さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する工程と、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトから軸力の計測値を取り込み、これらの計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程とを含んでよい。

このシール施工判定方法において、前記差の基準値に対するずれ量を演算し、このずれ量と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程を含んでよい。

[0009] 上記目的を達成するため、本発明のシール施工学習システムの一側面によれば、ガスケットを挟み込んでボルトおよびナットで締結されたフランジの面間距離を用いてシール施工を学習するシール施工学習システムであって、ガスケットを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシール施工部と、前記フランジの面間距離を計測する面間距離計測部と、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記面間距離計測部から前記面間距離の計測値を取り込んで、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する処理部と、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示する情報提示部とを備える。

このシール施工学習システムにおいて、さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する軸力計測部が備えられ、前記処理部は、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記軸力計測部から計測値を取り込み、これら計測値の差平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定し、前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示してよい。

このシール施工学習システムにおいて、さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する軸力計測部が備えられ、前記処理部は、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記軸力計測部

から計測値を取り込み、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定し、前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示してよい。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、次のいずれかの効果が得られる。

(1) シール施工の精度に影響するフランジ間の面間距離を計測し、その計測値のばらつきを把握でき、そのばらつきからシール施工者の技能レベルを判定できる。

(2) フランジ間の締付けの偏り（片締め状態）や軸力の違いによって面間距離を計測して評価するので、片締め状態や弾性相互作用の状況を数値化し、それを技能レベルで評価することができ、シール施工者のスキル向上に寄与することができる。

(3) シール施工の信頼性向上に寄与することができる。

(4) J I Sなどの規格手順に準拠することが技能レベルに現れるなどの検証にも利用でき、施工結果から技能レベルが低く判定されることがJ I Sなどの規格手順に準拠しないことなどの確認にも利用できる。

(5) 施工訓練、施工の検証などにも利用できるシステムを構築でき、訓練施設や実機を用いたシール施工の学習システムにも利用できる。

[0011] そして、本発明の他の目的、特徴および利点は、添付図面および各実施の形態を参照することにより、一層明確になるであろう。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1の実施の形態に係るシール施工判定システムを示す図である。

[図2] Aはシール施工部を示す図、Bはフランジの面間距離の計測位置およびその計測を説明するための図である。

[図3]第1の実施の形態に係るシール施工判定ファイルを示す図である。

[図4]シール施工判定システムの処理シーケンスを示す図である。

[図5]第2の実施の形態に係るシール施工判定システムを示す図である。

[図6]第2の実施の形態に係るシール施工判定ファイルを示す図である。

[図7]シール施工判定システムの処理シーケンスを示す図である。

[図8]第3の実施の形態に係るシール施工判定ファイルを示す図である。

[図9]シール施工判定システムの処理シーケンスを示す図である。

[図10]一実施例に係るシール施工判定システムを示す図である。

[図11]シール施工判定システムのハードウェアを示す図である。

[図12]面間距離計測部のハードウェアを示す図である。

[図13]面間距離Dの計測を説明するための図である。

[図14]軸力センサーを示す図である。

[図15]シール施工判定システムの処理シーケンスを示す図である。

[図16]面間距離の計測値の分布図形を示す図である。

[図17]軸力の計測値の分布図形を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] [第1の実施の形態]

図1は、第1の実施の形態に係るシール施工判定システムを示している。
図1に示す構成は一例であり、斯かる構成に本発明が限定されるものではない。

このシール施工判定システム2は、シール施工の計測情報により施工者の技能レベルを判定している。このシール施工判定システム2にはシール施工部4、面間距離計測部（以下、単に「計測部」と称する）6、処理部8、記憶部10、情報提示部12が含まれる。

シール施工部4はたとえば、配管14-1、14-2の締結部である。このシール施工部4では配管14-1側のフランジ継手（以下単に「フランジ」と称する）16-1と、配管14-2側のフランジ16-2の間はガスケット18を挟み込み、複数のボルト20-1、20-2、・・・、20-Nおよびナット22で締結される。各ボルト20-1、20-2、・・・、20-Nおよびナット22の締付けには締付け工具24が用いられる。このシール施工部4において、フランジ16-1、16-2の面間距離Dは、フラ

ンジ 16-1、16-2 の対向面間の距離であり、測定部位の距離を表す。

- [0014] 計測部 6 は、測定部位での面間距離 D を計測し、その計測値を出力する。
この計測部 6 にはレーザー光などを用いたフランジ間計測装置の他、隙間ゲージなどを用いてよい。

この面間距離 D の計測にはたとえば、一方のフランジ 16-1 のボルト中心径のボルト間に測長器を取り付けるための貫通穴を設け、対面側のフランジ 16-2 の面間に測長器の先端を当て、その距離を計測すればよい。この測長器は少なくとも対角一対、直行する対角の二対以上の設置が望ましい。一方のフランジ 16-1 の外縁に測長器を取り付け、対面側のフランジ 16-2 の外縁に測長器の先端を受ける張出しを設けるなどを行ってもよい。

処理部 8 はたとえば、コンピュータなどの演算装置である。この処理部 8 の処理には、a) 面間距離 D の計測値の取込み処理、b) 計測値の識別情報とともに記憶部 10 への書込み処理、c) 計測値から最大値および最小値の抽出処理、d) 計測値の最大値および最小値の差の演算処理、e) その演算結果の判定処理、f) 情報の提示処理などが含まれる。

- [0015] 記憶部 10 には、識別情報に関係付けられた面間距離 D の計測値などが格納される。この記憶部 10 には、面間距離 D の計測値などを格納する第 1 のシール施工判定ファイル 26-1 (図 3) などが格納される。

情報提示部 12 には、処理部 8 で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは双方が提示される。この提示情報には面間距離 D の計測値、計測値の演算結果、計測値の最大値および最小値の差の推移情報、判定結果などが含まれる。

- [0016] <フランジ 16-1、16-2 の面間距離 D の計測>

図 2 の A は、フランジ 16-1 側からシール施工部 4 を見て示している。このシール施工部 4 では、フランジ 16-1、16-2 に対し、8 本のボルト 20-1、20-2、・・・、20-8 が用いられ、P1、P2、・・・、P8 はボルト位置、ボルト締付け位置を示している。

フランジ 16-1、16-2 の仮締めにはたとえば、対角締めが用いられ

る。この対角締め締め付け順序は、締め付け開始を P 1 とすれば、P 1 → P 5 → P 3 → P 7 → P 2 → P 6 → P 4 → P 8 となり、P 8 が締め付け終了点となる。

[0017] 図 2 の B は、P 1 を中心にフランジ 1 6 - 1、1 6 - 2 の面間距離 D の計測位置を示している。この場合、計測部 6 には P 1 の面間距離 D の計測値 d 1 が計測され、この計測値 d 1 について、P 1 は、計測値 d 1 の計測位置を表す識別情報を表す。この識別情報にボルト 2 0 - 1 も識別情報としてもよく、計測日時や G P S (Global Positioning System)などを識別情報に用いてもよい。

同様に、面間距離 D について、複数の計測位置としてたとえば、計測位置 P 2、P 3、・・・、P 8 を設定すれば、計測部 6 には計測値 d 2 ~ d 8 が得られる。

なお、フランジ面間距離の測定は、フランジ外縁部のボルト位置またはボルト間で行うことが好ましく、さらに、その測定位置は同一または近似の位置であることが好ましい。

[0018] <処理部 8 の処理内容>

このシール施工判定システム 2 では、処理部 8 の処理内容に次の処理が含まれる。

a) 面間距離 D の計測値の取込み処理

計測部 6 は連続的または間欠的に面間距離 D を計測する。この計測値が所定のタイミングで処理部 8 に取り込まれる。

b) 記憶部 1 0 への書込み処理

処理部 8 は、計測値をその識別情報とともに記憶部 1 0 に書込む処理を実行する。識別情報は、計測値を特定するための情報であり、「面間距離 D の計測部位」、「部材」、「計測タイミング」または「ボルト 2 0 - 1、2 0 - 2、・・・、2 0 - 8 の締め付け時期」の何れかまたは二以上などでよい。「面間距離 D の計測部位」はたとえば、ボルト 2 0 - 1、2 0 - 2、・・・、2 0 - 8 の位置情報などを基準とすればよいが、計測部位を表す角度など

を用いてもよい。「部材」は、たとえば、フランジ１６－１、１６－２などの部品情報である。「計測タイミング」は、計測日時、周回情報などを用いればよい。「ボルト２０－１、２０－２、・・・、２０－８の締付け時期」は、締付け日時などを用いればよい。この識別情報にはその他、ボルト締付けを特定できる情報を用いればよいし、これらの情報の二以上を組み合わせてもよい。

[0019] c) 計測値の最大値および最小値の抽出処理

処理部８は、計測値のばらつき、変動を特定するため、取得した複数の計測値から最大値と最小値を抽出する。

面間距離Ｄの計測値の最大値と最小値には、締付け時ないし締付け完了時の値を用いる。ここで、「締付け時」とは、フランジ１６－１、１６－２のアライメントを調整し、フランジ１６－１、１６－２面間が平行になったとき、ボルト２０－１、２０－２、・・・、２０－Ｎの仮締付け中の各段階、その終了時、ボルト締付け中の各段階である。

面間距離Ｄの複数の計測値 d_k （仮締め）、 d_h （本締め）について、その最大値の d_{kmax} （仮締め）、 d_{hmax} （本締め）、その最小値の d_{kmin} （仮締め）、 d_{hmin} （本締め）を抽出する。

[0020] d) 計測値の最大値および最小値の差の演算処理

処理部８は、計測値のばらつき、変動を特定するため、複数の計測値から最大値と最小値の差を演算する。

面間距離Ｄの複数の計測値 d_k （仮締め）、 d_h （本締め）について、仮締めの最大値 d_{kmax} と最小値 d_{kmin} の差を Δd_k 、本締めの最大値 d_{hmax} と最小値 d_{hmin} の差を Δd_h とすると、差 Δd_k 、 Δd_h は、

$$\Delta d_k = d_{kmax} - d_{kmin} \quad \cdots (1)$$

$$\Delta d_h = d_{hmax} - d_{hmin} \quad \cdots (2)$$

となる。

[0021] e) その演算結果の判定処理

処理部 8 は、演算結果の判定機能として、最大値と最小値の差の分布を利用し、その分布レベルから技能レベルを判定する。

仮締めおよび本締めの面間距離 D の基準値を Δd_{kref} 、 Δd_{href} とすれば、基準値 Δd_{kref} と差 Δd_k の比較、基準値 Δd_{href} と差 Δd_h の比較により、技能レベル L_a を判定する。技能レベル L_a （施工スキル）はたとえば、その基準値 Δd_{href} に対する差 Δd_h の大きさに応じて決定する。たとえば、

基準値 Δd_{href} に対して差 Δd_h が無視できる値、または極めて小であれば（ $\Delta d_{href} = (\text{または} \div) \Delta d_h$ ）、技能レベル L_a ：優（＝合格）

基準値 Δd_{href} に対して差 Δd_h が中であれば（ $\Delta d_{href} < (\text{または} >) \Delta d_h$ ）、技能レベル L_a ：良（＝合格）

基準値 Δd_{href} に対して差 Δd_h が大であれば（ $\Delta d_{href} \ll (\text{または} \gg) \Delta d_h$ ）、技能レベル L_a ：可（＝施工不良）

とし、これらが施工者の技能レベルを表す技能レベル情報である。

f) 情報の提示処理

処理部 8 は、情報提示部 12 に提示すべき提示情報を生成し、情報提示部 12 に提供する。提示情報には面間距離 D の計測値、計測値の演算結果、計測値の最大値および最小値の差の推移情報、技能レベル L_a の判定結果などが含まれる。

[0022] <シール施工判定ファイル 26-1>

図 3 は、記憶部 10 に格納される第 1 のシール施工判定ファイル 26-1 の一例を示している。このシール施工判定ファイル 26-1 には番号部 28、識別情報部 30、面間距離部 32、技能レベル部 34 が格納される。

番号部 28 にはシール施工判定ファイル 26-1 の格納情報を特定するための番号が格納される。

識別情報部 30 には面間距離 D を特定するための識別情報が格納される。この識別情報部 30 にはたとえば、計測部位部 30-1、締付け時期部 30

－ 2 が備えられる。計測部位部 30－1 には、計測部位 S_n を表す情報が格納される。締付け時期部 30－2 には、締付け時期 T_n を表す情報が格納される。

面間距離情報部 32 には仮締め計測値部 32－1、本締め計測値部 32－2、最大値部 32－3、最小値部 32－4、差部 32－5、基準値部 32－6 が含まれる。仮締め計測値部 32－1 には仮締め時の面間距離 D の計測値 d_k 、本締め計測値部 32－2 には、本締め時の面間距離 D の計測値 d_h が格納される。

最大値部 32－3 には計測値 d_k から抽出された最大値 d_{kmax} 、計測値 d_h から抽出された最大値 d_{hmax} が格納される。

最小値部 32－4 には計測値 d_k から抽出された最小値 d_{kmin} 、計測値 d_h から抽出された最小値 d_{hmin} が格納される。

差部 32－5 には最大値 d_{kmax} と最小値 d_{kmin} の差 Δd_k 、最大値 d_{hmax} と最小値 d_{hmin} の差 Δd_h が格納される。

基準値部 32－6 には差 Δd_k 、 Δd_h の基準値 Δd_{kref} 、 Δd_{href} が格納される。

また、技能レベル部 34 には判定結果である既述の技能レベル L_a が格納される。

[0023] <シール施工判定システム 2 による処理シーケンス>

図 4 は、シール施工判定システム 2 による処理シーケンスを示している。この処理シーケンスは、本発明のシール施工判定システム 2 におけるプログラムまたは施工判定方法の一例である処理手順を含んでいる。このシール施工判定システム 2 を起動すると、計測部 6、処理部 8 および情報提示部 12 が初期化され、連係動作に移行する。

シール施工部 4 の仮締め、本締めの開始から施工完了時に至る過程において、計測部 6 は、予め設定された計測位置で面間距離 D の計測を行う (S101)。処理部 8 は、面間距離 D の計測値 d_k 、 d_h の取込みを実行する (S102)。処理部 8 は取り込んだ計測値 d_k 、 d_h について、識別情報と

ともに記憶部10に格納する(S103)。各計測値 d_k 、 d_h は識別情報とともにシール施工判定ファイル26-1に格納される。

[0024] 処理部8は、各計測値 d_k 、 d_h から最大値 d_{kmax} 、 d_{hmax} 、最小値 d_{kmin} 、 d_{hmin} の抽出を行う(S104)。これら最大値 d_{kmax} 、 d_{hmax} 、最小値 d_{kmin} 、 d_{hmin} は、シール施工判定ファイル26-1に格納される。

処理部8は、最大値 d_{kmax} と最小値 d_{kmin} の差 Δd_k 、最大値 d_{hmax} と最小値 d_{hmin} の差 Δd_h を演算する(S105)。

処理部8は、差 Δd_k 、 Δd_h と、基準値 Δd_{kref} 、 Δd_{href} を用いてこれらの比較により、技能レベル L_a の判定を行う(S106)。

この判定の後、処理部8はたとえば、シール施工判定ファイル26-1を提示情報として生成し、この出力を情報処理部12に対して行う(S107)。これを受けた情報提示部12は提供された提示情報を提示する(S108)。

[0025] <第1の実施の形態の効果>

この第1の実施の形態によれば、次の効果が得られる。

(1) フランジ16-1、16-2間に生じる弾性相互作用や片締めが面間距離Dに現れるので、この面間距離Dの計測値およびその推移を算出し、技能レベル L_a として評価することができる。

(2) シール施工者は技能レベル L_a を指標として施工スキルを効率的に高めることができる。

(3) シール施工者は技能レベル L_a を指標として施工スキルの認識を以て、弾性相互作用や片締めを回避でき、シール施工の信頼性を高めることができる。

[0026] [第2の実施の形態]

この第2の実施の形態では、図5に示すように、第1の実施の形態と同様に、計測部6、処理部8、記憶部10、情報提示部12に加え、軸力計測部(以下、単に「計測部」と称する)36が備えられる。計測部6は、第1の

実施の形態と同様に、測定部位での面間距離Dを計測する。これに対し、計測部36は、各ボルト20-1、20-2、・・・、20-Nの軸力Fを計測する。この計測部36はボルト20-1、20-2、・・・、20-Nの軸力を個別に計測する複数の軸力センサーを備えてよい。つまり、この実施の形態に係るシール施工判定システム2では、軸力Fの計測に基づき、技能レベルLb-1（軸力Fの技能レベル）、つまり締付け面圧が適正範囲内にあるか否かを判定する処理が含まれる。

[0027] 処理部8は第1の実施の形態と同様の処理a)～f)の他、g)軸力Fの計測値の取込み処理、h)計測値の識別情報とともに記憶部10への書込み処理、i)計測値の平均値の演算処理、j)その演算結果の判定処理、k)情報の提示処理などが含まれる。

記憶部10には、第2のシール施工判定ファイル26-2（図6）が備えられる。このシール施工判定ファイル26-2には、各ボルト20-1、20-2、・・・、20-Nの軸力Fの計測値が識別情報とともに格納される。

情報提示部12には、処理部8で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは双方が提示される。この提示情報には軸力Fの計測値、その平均値情報、判定結果などが含まれる。

[0028] <各ボルト20-1、20-2、・・・、20-Nの軸力Fの計測>

シール施工部4（図2のA）において、フランジ16-1、16-2上のたとえば、8本のボルト20-1、20-2、・・・、20-8について、仮締めないし本締めの完了時までの軸力Fを計測する。この計測タイミングについては、第1の実施の形態の面間距離Dの計測タイミングに準ずる。軸力Fの計測値の識別情報については、ボルト位置を表すP1～P8、ボルト20-1～20-8も識別情報としてもよく、計測日時やGPSなどを識別情報に用いてもよい。

[0029] <処理部8の処理内容>

このシール施工判定システム2では、処理部8の処理内容に次の処理が含

まれる。

g) 軸力Fの計測値fの取込み処理

計測部36は連続的または間欠的に軸力Fを計測する。この計測値が所定のタイミングで処理部8に取り込まれる。

h) 記憶部10への書込み処理

処理部8は、軸力Fの計測値fをその識別情報とともに記憶部10に書込む処理を実行する。識別情報は、計測値を特定するための情報であり、「軸力の計測部位」、「部材」、「計測タイミング」または「ボルト20-1、20-2、・・・、20-Nの締付け時期」の何れかまたは二以上などである。「軸力の計測部位」はたとえば、ボルト20-1、20-2、・・・、20-Nを基準とすればよい。「部材」は、たとえば、フランジ16-1、16-2などの部品情報である。「計測タイミング」は、計測日時、周回情報などを用いればよい。「ボルト20-1、20-2、・・・、20-Nの締付け時期」は、締付け日時などを用いればよい。この識別情報にはその他、ボルト締付けを特定できる情報を用いればよいし、これらの情報の二以上を組み合わせてもよい。

[0030] i) 軸力Fの計測値の平均値の演算処理

軸力Fの計測値の平均値の演算処理は処理部8によって実行される。この処理部8の処理には、軸力Fの計測値の取得と、複数の計測値の平均値 $f_{k\ ave}$ 、 $f_{h\ ave}$ の演算処理が含まれる。つまり、各ボルトの軸力Fの計測値の取得を前提とし、たとえば、平均値 $f_{h\ ave}$ の演算処理では本締めされた際の、軸力Fの複数の計測値fを取得し、その平均値 $f_{h\ ave}$ を演算する。

[0031] j) その演算結果の判定処理

軸力Fの平均値 $f_{h\ ave}$ (本締め) の判定処理は、処理部8によって実行される。この判定には、目標軸力の範囲 $f_{h\ ref}$ (本締め) が基準範囲として用いられ、この範囲内に本締め時の軸力Fが含まれるか否かで判定する。つまり、本締め時に測定した軸力の平均値が目標軸力の範囲 $f_{h\ ref}$

(本締め)に含まれていれば、適正な締付け面圧が確保されるので、適正なシール施工であると判定する。

k) 情報の提示処理

処理部8は、情報提示部12に提示すべき提示情報を生成し、情報提示部12に提供する。提示情報には軸力の計測値、平均値の演算結果、つまり、適正な面圧が確保されるか否か、適正なシール施工がされたか否かの判定結果などが含まれる。

[0032] 図6は、記憶部10に格納される第2のシール施工判定ファイル26-2の一例を示している。このシール施工判定ファイル26-2において、シール施工判定ファイル26-1(図3)と同一部分には同一符号を付し、その説明を割愛する。

このシール施工判定ファイル26-2にはシール施工判定ファイル26-1(図3)に加え、軸力部39、技能レベル部35が格納される。

軸力部39には仮締め計測値部39-1、本締め計測値部39-2、平均値部39-3、目標軸力範囲部39-4が含まれる。仮締め計測値部39-1には仮締め時の軸力Fの計測値fk、本締め計測値部39-2には、本締め時の軸力Fの計測値fhが格納される。

平均値部39-3には複数の計測値fkの平均値fkave、複数の計測値fhの平均値fhaveが格納される。目標軸力範囲部39-4には、仮締め時の目標軸力の範囲fkref、本締め時の目標軸力の範囲fhrefが格納される。また、技能レベル部35には判定結果である既述の技能レベルLb-1が格納される。

[0033] 図7は、第2の実施の形態に係るシール施工判定システム2による処理シーケンスを示している。この処理シーケンスは、本発明のシール施工判定システム2におけるプログラムまたは施工判定方法に係る処理手順の一例である。

シール施工部4の仮締め、本締めの開始から施工完了時に至る過程において、軸力計測部36は予め設定された計測位置で軸力Fの計測を行う(S1

21)。処理部8は、軸力Fの計測値 f_k 、 f_h の取込みを行う(S122)。処理部8は取り込んだ計測値 f_k 、 f_h について、識別情報とともに記憶部10に格納する(S123)。各計測値 f_k 、 f_h は識別情報とともにシール施工判定ファイル26-2(図6)に格納される。

[0034] 処理部8は、複数の各計測値 f_k 、 f_h の平均値 f_{kave} 、 f_{have} を算出し(S124)、シール施工判定ファイル26-2(図6)に格納する。これら平均値 f_{kave} 、 f_{have} について、平均値 f_{kave} が目標軸力の範囲 f_{kref} 内にあるか、平均値 f_{have} が目標軸力の範囲 f_{href} 内にあるかにより、技能レベル L_{b-1} (軸力Fの技能レベル)の判定を行う(S125)。

この判定の後、処理部8はたとえば、シール施工判定ファイル26-2を提示情報として生成し、この出力を情報処理部12に対して行う(S126)。これを受けた情報提示部12は提供された提示情報を提示する(S127)。

[0035] <第2の実施の形態の効果>

この第2の実施の形態によれば、次の効果が得られる。

(1) 適正な締付け面圧でシール施工が実施されたか否か、フランジ16-1、16-2間に生じる弾性相互作用や片締めが軸力Fの計測値の平均値に現れるかをシール施工の技能レベル L_{b-1} として評価することができる。

(2) シール施工者は技能レベル L_{b-1} を評価指標として施工スキルを認識でき、斯かる施工スキルの評価結果であるレベルを参照し、施工スキルを効果的に高めることができる。

(3) シール施工者は適正なシール面圧で、かつ、弾性相互作用や片締めを回避できるので、シール施工の信頼性を高めることができる。

[0036] [第3の実施の形態]

この第3の実施の形態に係るシール施工判定システム2では、第2の実施の形態(図5)と同様に、計測部6、36が備えられ、計測部6から面間距離Dの計測値が処理部8に取り込まれとともに、計測部36から軸力Fの計

測値が処理部 8 に取り込まれる。したがって、この実施の形態に係るシール施工判定システム 2 では、面間距離 D の計測と、軸力 F の計測の双方により、技能レベル L a（面間距離 D の技能レベル）、L b - 2（軸力 F の技能レベル）の双方を用いて、締付け面圧が適正の範囲内にあるか否かを判定する。

[0037] 処理部 8 は第 1 の実施の形態と同様の処理 a) ~ f) の他、l) 軸力 F の計測値の取込み処理、m) 計測値の識別情報とともに記憶部 10 への書き込み処理、n) 計測値の平均値の演算処理、o) 軸力 F の計測値の最大値および最小値の差の演算処理、p) その演算結果の判定処理、q) 情報の提示処理などが含まれる。

記憶部 10 には、第 3 のシール施工判定ファイル 26 - 3（図 8）が備えられる。このシール施工判定ファイル 26 - 3 には、各ボルト 20 - 1、20 - 2、・・・、20 - N の軸力 F の計測値とともに、面間距離 D の計測値が識別情報とともに格納される。

情報提示部 12 には、処理部 8 で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは双方が提示される。この提示情報には軸力 F および面間距離 D の計測値、その最大値および最小値の差の推移情報、判定結果などが含まれる。

[0038] <各ボルト 20 - 1、20 - 2、・・・、20 - N の軸力 F の計測>

シール施工部 4（図 2 の A）において、フランジ 16 - 1、16 - 2 上のたとえば、8 本のボルト 20 - 1、20 - 2、・・・、20 - 8 について、仮締めないし本締めの完了時までの軸力 F を計測する。この計測タイミングについては、第 1 の実施の形態の面間距離 D の計測タイミングに準ずる。軸力の計測値の識別情報については、ボルト位置を表す P 1 ~ P 8、ボルト 20 - 1 ~ 20 - 8 も識別情報としてもよく、計測日時や GPS などを識別情報に用いてもよい。

[0039] <各フランジ 16 - 1、16 - 2 間の面間距離 D の計測>

第 1 の実施の形態（図 2 の A）と同様であるので、その説明を割愛する。

[0040] <処理部 8 の処理内容>

このシール施工判定システム 2 では、処理部 8 の処理内容に次の処理が含まれる。

l) 軸力 F の計測値 f の取込み処理

計測部 36 は連続的または間欠的に軸力 F を計測する。この計測値 f が所定のタイミングで処理部 8 に取り込まれる。

m) 記憶部 10 への書込み処理

処理部 8 は、軸力 F の計測値 f をその識別情報とともに記憶部 10 に書込む処理を実行する。識別情報は、計測値を特定するための情報であり、「軸力の計測部位」、「部材」、「計測タイミング」または「ボルト 20-1、20-2、・・・、20-N の締付け時期」の何れかまたは二以上などである。「軸力の計測部位」はたとえば、ボルト 20-1、20-2、・・・、20-N を基準とすればよい。「部材」は、たとえば、フランジ 16-1、16-2 などの部品情報である。「計測タイミング」は、計測日時、周回情報などを用いればよい。「ボルト 20-1、20-2、・・・、20-N の締付け時期」は、締付け日時などを用いればよい。この識別情報にはその他、ボルト締付けを特定できる情報を用いればよいし、これらの情報の二以上を組み合わせてもよい。

[0041] n) 軸力 F の計測値の最大値および最小値の抽出処理

処理部 8 は、軸力の計測値のばらつき、変動を特定するため、取得した複数の計測値から最大値と最小値を抽出する。

計測値の最大値と最小値には、締付け時ないし締付け完了時の値を用いる。ここで、「締付け時」とは、フランジ 16-1、16-2 のアライメントを調整し、フランジ 16-1、16-2 面間が平行になったとき、ボルト 20-1、20-2、・・・、20-N の仮締付け中の各段階、その終了時、ボルト締付け中の各段階である。

軸力 F の複数の計測値 f_k (仮締め)、 f_h (本締め) について、その最大値 f_{kmax} (仮締め)、 f_{hmax} (本締め)、その最小値 f_{kmin} (仮締め)、 f_{hmin} (本締め) を抽出する。

[0042] o) 軸力Fの計測値の最大値および最小値の差の演算処理

処理部8は、計測値のばらつき、変動を特定するため、複数の計測値から最大値と最小値の差を演算する。

軸力の複数の計測値 f_k （仮締め）、 f_h （本締め）について、仮締めの最大値 f_{kmax} と最小値 f_{kmin} の差を Δf_k 、本締めの最大値 f_{hmax} と最小値 f_{hmin} の差を Δf_h とすると、差 Δf_k 、 Δf_h は、

$$\Delta f_k = f_{kmax} - f_{kmin} \quad \dots (3)$$

$$\Delta f_h = f_{hmax} - f_{hmin} \quad \dots (4)$$

となる。

[0043] p) その演算結果の判定処理

処理部8は、演算結果の判定機能として、最大値と最小値の差の分布を利用し、その分布レベルから技能レベルを判定する。

仮締めおよび本締めの軸力の基準値を Δf_{kref} 、 Δf_{href} とすれば、基準値 Δf_{kref} と差 Δf_k の比較、基準値 Δf_{href} と差 Δf_h の比較により、技能レベル L_{b-2} を判定する。技能レベル L_{b-2} （施工スキル）はたとえば、その基準値 Δf_{href} に対する差 Δf_h の大きさに応じて決定する。たとえば、

基準値 Δf_{href} に対して差 Δf_h が無視できる程度、または極めて小であれば（ $\Delta f_{href} =$ （または $\div$ ） Δf_h ）、技能レベル L_{b-2} ：優（＝合格）

基準値 Δf_{href} に対して差 Δf_h が中であれば（ $\Delta f_{href} <$ （または $>$ ） Δf_h ）、技能レベル L_{b-2} ：良（＝合格）

基準値 Δf_{href} に対して差 Δf_h が大であれば（ $\Delta f_{href} \ll$ （または $\gg$ ） Δf_h ）、技能レベル L_{b-2} ：可（＝施工不良）

とし、これらが施工者の技能レベルを表す技能レベル情報である。

q) 情報の提示処理

処理部8は、情報提示部12に提示すべき提示情報を生成し、情報提示部12に提供する。提示情報には軸力の計測値、計測値の演算結果、計測値の

最大値および最小値の差の推移情報、技能レベルL b - 2 の判定結果などが含まれる。

[0044] <各フランジ 1 6 - 1、1 6 - 2 間の面間距離 D の計測値の取込みおよびその判定>

第 1 の実施の形態と同様であるので、その説明を割愛する。

[0045] <シール施工判定ファイル 2 6 - 3>

図 8 は、記憶部 1 0 に格納される第 3 のシール施工判定ファイル 2 6 - 3 の一例を示している。シール施工判定ファイル 2 6 - 3 にはステップ部 3 8、軸力部 4 0、面間距離部 4 2、合否部 4 4、総合判定部 4 5 が格納される。

ステップ部 3 8 には仮締付け部 3 8 - 1、本締付け部 3 8 - 2 が設定され、仮締付け部 3 8 - 1 にはポジション記号 1、2、・・・、P、本締付け部 3 8 - 2 には同様にポジション記号 1、2、・・・、Q が設定されている。ポジション記号 1、2、・・・、P、Q は締付け位置を示している。

軸力部 4 0 には、仮締付け部 3 8 - 1、本締付け部 3 8 - 2 について、計測値部 4 0 - 1、最大値部 4 0 - 2、最小値部 4 0 - 3、差値部 4 0 - 4、平均値部 4 0 - 5、基準値部 4 0 - 6 が設定されている。計測値部 4 0 - 1 には締付けの計測順 1、2、・・・、n に軸力 F の計測値が格納される。最大値部 4 0 - 2 には計測した軸力 F の最大値が格納される。最小値部 4 0 - 3 には計測した軸力 F の最小値が格納される。差値部 4 0 - 4 には最大値 - 最小値の値が格納される。平均値部 4 0 - 5 は軸力 F の最大値と最小値の平均値が格納される。基準値部 4 0 - 6 には軸力 F の基準値が格納される。

[0046] 面間距離部 4 2 には、仮締付け部 3 8 - 1、本締付け部 3 8 - 2 について、計測値部 4 2 - 1、最大値部 4 2 - 2、最小値部 4 2 - 3、差値部 4 2 - 4、基準値部 4 2 - 5 が設定されている。計測値部 4 2 - 1 には締付けの計測順 1、2、・・・、n に面間距離 D の計測値が格納される。最大値部 4 2 - 2 には計測した面間距離 D の最大値が格納される。最小値部 4 2 - 3 には計測した面間距離 D の最小値が格納される。差値部 4 2 - 4 には最大値 - 最

小値の値が格納される。基準値部 4 2 - 5 には面間距離 D の基準値が格納される。

合否部 4 4 には仮締付け部 3 8 - 1、本締付け部 3 8 - 2 について、各ポジションの合否結果が格納される。そして、総合判定部 4 5 には合否結果から得られる総合判定結果が格納される。この総合判定結果は軸力 F および面間距離 D が基準値内であるか否かを表している。つまり、総合判定部 4 5 には適正な締め付け施行が実施されたか否かの判定結果が格納される。

この実施の形態においても、既述のシール施工判定ファイル 2 6 - 2 (図 6) を用いることができる。シール施工判定ファイル 2 6 - 2 は、既に詳述したので、その詳細は割愛する。

[0047] <シール施工判定システム 2 による処理シーケンス>

図 9 は、シール施工判定システム 2 による処理シーケンスを示している。この処理シーケンスは、本発明のシール施工判定システム 2 におけるプログラムまたは施工判定方法の一例である処理手順を含んでいる。この処理手順では、各ステップにおける軸力および面間距離の平均ならびに、最大値および最小値の差をもって作業者の技量を評価し、その合否の判定は、ステップごとのまたは本締付け完了後などのあらかじめ定めたステップの測定でもって行っている。判定のための基準値は、各締結作業に求められる作業水準に応じて、別箇に設定される。同日判定のためのステップは、各締結作業に求められる作業水準に応じて、別箇に設定される。

ゆえに、この処理手順には軸力 F について以下の処理が含まれる。

(a) 目標軸力の平均値の差 (平均軸力が目標軸力の一定範囲内にあるかどうか) を求める処理。

(b) 最大値と最小値の差 (軸力のばらつき) を求める処理。

(c) 目標軸力と最大値の差 (局所的な軸力がガスケットの破壊応力を超えることがないか) の判定処理。

(d) 目標軸力と最小値の差 (局所的な軸力がガスケットの密封限界応力を下回ることがないか) を判定する処理。

さらに、この処理手順には、面間距離 D について以下の処理が含まれる。

(e) 最大値と最小値の差（面間の傾き）を求める処理。

[0048] なお、この実施の形態に係るシール施工判定システム2では、締付け完了後の軸力と面間距離が基準内であることを判定しており、各ステップでの合否判定はしていないが、これに限定されるものではない。

シール施工部4の仮締め、本締めの開始から施工完了時に至る過程において、計測部6は予め設定された計測位置で面間距離 D の計測を行い（S201）、計測部36は予め設定された計測位置で軸力 F の計測を行う（S202）。処理部8は、面間距離 D の計測値 d_k 、 d_h の取込みを実行する（S203）。処理部8は、軸力 F の計測値 f_k 、 f_h の取込みを実行する（S204）。処理部8は取り込んだ計測値 d_k 、 d_h 、 f_k 、 f_h について、識別情報とともに記憶部10に格納する（S205）。各計測値 d_k 、 d_h は識別情報とともにシール施工判定ファイル26-1に格納される。各計測値 f_k 、 f_h は識別情報とともにシール施工判定ファイル26-3に格納される。

[0049] 処理部8は、各計測値 d_k 、 d_h から最大値 d_{kmax} 、 d_{hmax} 、最小値 d_{kmin} 、 d_{hmin} の抽出を行う（S206）。処理部8は、各計測値 f_k 、 f_h から最大値 f_{kmax} 、 f_{hmax} 、最小値 f_{kmin} 、 f_{hmin} の抽出を行う（S207）。これら最大値 d_{kmax} 、 d_{hmax} 、最小値 d_{kmin} 、 d_{hmin} は、シール施工判定ファイル26-1に格納される。また、これら最大値 f_{kmax} 、 f_{hmax} 、最小値 f_{kmin} 、 f_{hmin} は、シール施工判定ファイル26-3に格納される。

処理部8は、最大値 d_{kmax} と最小値 d_{kmin} の差 Δd_k 、最大値 d_{hmax} と最小値 d_{hmin} の差 Δd_h を演算する（S208）。処理部8は、最大値 f_{kmax} と最小値 f_{kmin} の差 Δf_k 、最大値 f_{hmax} と最小値 f_{hmin} の差 Δf_h を演算する（S209）。

[0050] 処理部8は、差 Δd_k 、 Δd_h と、基準値 Δd_{kref} 、 Δd_{href} を用いてこれらの比較により、技能レベル L_a の判定を行う（S210）。処

理部 8 は、差 Δf_k 、 Δf_h と、基準値 $\Delta f_{k\text{ref}}$ 、 $\Delta f_{h\text{ref}}$ を用いてこれらの比較により、技能レベル L_{b-2} の判定を行う (S 2 1 1)。

この判定の後、処理部 8 はたとえば、シール施工判定ファイル 2 6 - 1、2 6 - 3 を提示情報として生成し、この出力を情報処理部 1 2 に対して行う (S 2 1 2)。これを受けた情報提示部 1 2 は提供された提示情報を提示する (S 2 1 3)。

そして、処理部 8 は、技能レベル L_a 、 L_{b-2} の多寡により、両者を勘案した総合判定を行い、この総合判定結果を表す提示情報を生成し、この提示情報をシール施工判定ファイル 2 6 - 3 の総合判定部 4 5 に格納するとともに、情報提示部 1 2 に提示する。

[0051] <シール施工判定システム 2 による処理シーケンスの変形例>

図 9 に示す処理シーケンスにおいて、技能レベル L_a 、 L_{b-2} のたとえば、加算平均を取り、両者を加味した技能レベル L_{c-1} を算出して提示してもよい。また、技能レベル L_a 、 L_{b-2} の単純な加算平均ではなく、各技能レベル L_a 、 L_{b-2} に重み付けをして評価度合いを調整してもよい。

[0052] <第 3 の実施の形態の効果>

この第 3 の実施の形態によれば、次の効果が得られる。

(1) フランジ 1 6 - 1、1 6 - 2 間に生じる弾性相互作用や片締めが面間距離 D に現れるが、これを技能レベル L_a として認識でき、このときの軸力 F の状況を技能レベル L_{b-2} として認識できるとともに、シール施工を技能レベル L_a 、 L_{b-2} として評価できる。

(2) シール施工者は 2 つの技能レベル L_a 、 L_{b-2} を指標として施工スキルを効率的に高めることができる。

(3) シール施工者は技能レベル L_a 、 L_{b-2} を指標とし、これらの連動性を認識して施工スキルを高め、弾性相互作用や片締りを回避できるので、シール施工の信頼性を高めることができる。

[0053] [第 4 の実施の形態]

第 1 から第 3 の実施の形態では面間距離 D または軸力 F の計測値の大小関

係を求め、その基準値との差異から技能レベル L_a または技能レベル L_{b-1} 、 L_{b-2} を判定している。本発明は斯かる実施の形態に限定されるものではない。

処理部8は、面間距離 D または軸力 F の計測値の大小関係の差 Δ を求め、この差 Δ と基準値 Δ_{ref} に対するずれ量を演算し、このずれ量と判定基準とを比較して技能レベル L_{c-2} を判定してもよい。

[0054] この第4の実施の形態によれば、面間距離 D または軸力 F の計測値の大小関係の差 Δ から基準値 Δ_{ref} に対するずれ量を技能レベル L_{c-2} として評価でき、より高いシール施工スキルの習得に貢献できる。

実施例

[0055] 図10は、一実施例に係るシール施工判定システムを示している。図10において、図1と同一部分には同一符号を付してある。

この実施例のシール施工判定システム2はシール施工訓練センターなどに設置され、シーク施工の訓練、学習、施工シミュレーションなどに用いられる。

このシール施工判定システム2において、シール施工部4は建屋内の床46に固定されている。シール施工部4には長い配管14-2が備えられ、この配管14-2の下端に取り付けられた固定フランジ48が床46に強固に固定されている。この実施例では、既述の配管14-1が省略され、フランジ16-1、16-2が配管14-2でシール施工者の施工可能な高さに設定されている。フランジ16-1、16-2には既述のボルト20-1、20-2、・・・、20-8が取り付けられている。

[0056] フランジ16-1、16-2の面間距離 D を計測するための計測部6は移動可能に構成されている。この計測部6には計測機能部50および通信部52が含まれる。計測機能部50は面間距離 D を計測し、その計測値 d を出力する。計測機能部50に得られた計測値 d を表す計測出力は、通信部52により処理部8側に伝送される。この信号伝送には無線または有線の何れを用いてもよい。

フランジ 16-1、16-2 上のボルト 20-1、20-2、・・・、20-8 には、ボルト毎に軸力 F を計測する計測部 36 が備えられる。計測部 36 にはボルト 20-1、20-2、・・・、20-8 に対応して軸力センサー 36-1、36-2、・・・、36-8 (図 11) が備えられる。

[0057] シール施工部 4 のシール施工を管理するための管理テーブル 54 が備えられる。この管理テーブル 54 はキャスター 56 により移動可能である。この管理テーブル 54 にはパーソナルコンピュータ (PC) 58、データロガー 60 およびモニター 62 が設置される。PC 58 は既述の処理部 8 の一例である。データロガー 60 は計測部 36 の計測データの収集、保存手段である。このデータロガー 60 には軸力センサー 36-1、36-2、・・・、36-8 の出力がシール施工部 4 からケーブル 64 で伝送される。

モニター 62 は情報提示部 12 の一例である。このモニター 62 の画面 66 には入力手段の一例としてタッチパネル 68 が備えられる。

[0058] <シール施工判定システム 2 のハードウェア>

図 11 は、シール施工判定システム 2 のハードウェアを示している。図 11 において、図 10 と同一部分には同一符号を付してある。

PC 58 にはプロセッサ 70、入出力部 (I/O) 72、通信部 74 および記憶部 10 が備えられる。プロセッサ 70 は既述の処理部 8 の一例である。

I/O 72 にはデータロガー 60 およびモニター 62 が接続されている。データロガー 60 に集積された軸力 F の計測値データはプロセッサ 70 の制御により I/O 72 に取り込まれ、記憶部 10 に格納される。モニター 62 にはプロセッサ 70 で生成された提示情報が提供され、画像が表示される。通信部 74 は計測部 6 との通信に用いられる。

記憶部 10 は OS (Operating System)、シール施工判定プログラムなど、各種のプログラム、シール施工判定ファイル 26-1 (図 3)、26-2 (図 6)、26-3 (図 8) などが格納される。これらシール施工判定ファイル 26-1、26-2、26-3 のすべてを格納してもよいし、いずれか

ひとつまたは二以上でもよい。この記憶部 10 は ROM (Read-Only Memory)、RAM (Random-Access Memory) などの記憶素子で構成される。

操作入力部 76 にはキーボードやマウスその他、既述のタッチパネル 68 (図 10) など、情報入力のためのインターフェース機器が含まれる。

[0059] <計測部 6 のハードウェア>

図 12 は、計測部 6 のハードウェアを示している。図 12 において、図 10 と同一部分には同一符号が付してある。

この実施例では計測部 6 にレーザー光を用いたフランジ間計測装置が用いられる。

この計測部 6 では、計測機能部 50 に光照射部 78、撮像部 80、画像処理部 82 が備えられる。光照射部 78 は計測部位のフランジ 16-1、16-2 の間隔部にレーザー光を照射し、細光像を形成する。この細光像は、計測部位のフランジ 16-1 の面部から間隔部を経てフランジ 16-1 の面部に至る細いレーザー光による帯状光の像である。

撮像部 80 は細光像を撮像し、画像情報に変換する。画像情報は、細光像の明度差の異なる画素（ピクセル）である。この画像情報が面間距離 D の計測値 d として画像処理部 82 に取り込まれる。

この画像処理部 82 では計測値 d を細光像の画素数で計数し、その計数値を計測値 d として認識する。つまり、この画像処理部 82 には光計測によって面間距離 D の計測値 d が得られる。

このようにして得られた面間距離 D の計測値 d を表す情報は、通信部 52 から PC 58 の通信部 74 に無線または有線で伝送され、識別情報とともに記憶部 10 のシール施工判定ファイル 26-1 に格納される。

[0060] <計測部 6 による面間距離 D の計測>

図 13 は、フランジ間計測装置を用いた計測部 6 の計測状況を示している。

この例では、計測部 6 の本体部 84 に設けられたグリップ 86 がシール施工者によって握られ、先端側の位置決めガイド 88 を計測位置のフランジ 1

6-1、16-2の間隔部90に挿入し、計測位置を特定する。

この状態を維持しながら、光照射部78からフランジ16-1、16-2の計測位置に光照射を行う。これにより、細光像がフランジ16-1、16-2に得られる。撮像部80は、この細光像を撮像する。

[0061] <軸力センサー36-1、36-2、・・・、36-8>

図14は、ボルト20-1、20-2、・・・、20-8および軸力センサー36-1、36-2、・・・、36-8を示している。

各ボルト20-1、20-2、・・・、20-8には空洞部が備えられ、各空洞部に軸力センサー36-1、36-2、・・・、36-8が設置される。各軸力センサー36-1、36-2、・・・、36-8は、ナット22でフランジ16-1、16-2間を締付けた際にボルト20-1、20-2、・・・、20-8に加わる負荷（応力）が軸力Fの計測値 f_k 、 f_h となる。この計測値 f_k 、 f_h がケーブル64を通じてデータロガー60（図11）に取り込まれる。

[0062] <シール施工判定システム2の処理シーケンス>

図15は、シール施工判定システム2の処理シーケンスを示している。この処理シーケンスは、本発明のシール施工判定システム2におけるプログラムまたは施工判定方法の一例である処理手順を含んでいる。この実施例では、計測部6、36の双方の計測値の処理を含んでいる。

ボルト20-1、20-2、・・・、20-8について、仮締めまたは本締めの開始ないし完了までの各段階において、計測部6は、予め設定した計測位置で面間距離Dの計測を行う（S301）。また、計測部36の軸力センサー36-1、36-2、・・・、36-8は各ボルト20-1、20-2、・・・、20-8の軸力Fの計測を行う（S302）。計測部6、36の計測は同時期で行ってもよいし、時期を異ならせてもよい。軸力Fの計測値 f_k 、 f_h は識別情報とともにデータロガー60に集積される。

[0063] プロセッサ70は、面間距離Dの計測値 d_k 、 d_h の取り込みを行い（S303）、軸力Fの計測値 f_k 、 f_h の取り込みを行い（S304）、各計

測値 d_k 、 d_h 、 f_k 、 f_h を記憶部10に格納する(S305)。各計測値 d_k 、 d_h は識別情報とともに、既述のシール施工判定ファイル26-1に格納され、各計測値 d_k 、 d_h 、 f_k 、 f_h は識別情報とともに、既述のシール施工判定ファイル26-3に格納される。

プロセッサ70は、各段階での演算処理を行い(S306)、この演算処理には既述の処理手順S104～S106(図4)または処理手順S206～S211(図9)が含まれる。

この演算により、技能レベル L_a 、 L_{b-1} 、 L_{b-2} 、 L_{c-1} 、 L_{c-2} のいずれかまたは二以上の判定が行われることは既述の通りである。

そして、この実施例では、提示情報としてシール施工判定ファイル26-1、26-3の画像情報が生成されるとともに、面間距離Dの計測値 d の分布図形(図16)および軸力Fの計測値 f の分布図形(図17)が生成される(S307)。

これらの提示情報はモニター62に提供され、モニター62によって画像として提示される(S308)。

[0064] <面間距離Dの計測値 d の分布図形>

図16は、面間距離Dの計測値 d の分布図形を示している。この分布図形では、フランジ16-1、16-2の中心Oを中心としてボルト20-1、20-2、・・・、20-8の位置P1、P2、・・・、P8に向かう軸 y_1 、 y_2 、・・・、 y_8 が表示される。中心Oからの距離は面間距離Dの計測値 d の大きさを示している。正六角形の破線図形に対して実線で計測値 d の六角形を示している。計測値 d の図形が破線図形に対して歪んでいるのは、計測値 d の値が計測位置で異なっていることを示している。つまり、片締めないし弾性相互作用によるガスケット面圧が歪んでいることを示している。

[0065] <軸力Fの計測値 f の分布図形>

図17は、軸力Fの計測値 f の分布図形を示している。同様に、この分布図形では、フランジ16-1、16-2の中心Oを中心としてボルト20-

1、20-2、・・・、20-8の位置P1、P2、・・・、P8に向かう軸y1、y2、・・・、y8が表示される。中心Oからの距離は軸力Fの計測値fの大きさを示している。正六角形の破線図形に対して実線で計測値fの六角形を示している。計測値fの図形が破線図形に対して歪んでいるのは、計測値fの値が計測位置で相違していることを示している。つまり、片締めないし弾性相互作用による軸力Fの計測値fに相違が見られることを示す。

[0066] <実施例の効果>

この実施例によれば、次の効果が得られる。

(1) この実施例によれば、締付け時、フランジのアライメントを調整し、フランジ面間が平行になったとき、またはボルトの仮締付け中の各段階またはその終了時、ボルト締付け中の各段階で面間距離Dや軸力Fを計測でき、シール施工者の技能レベルを判定することができる。

(2) この実施例によれば、ガスケット面圧のバラツキがなく、片締めの無い均一な締付けによって、均一なガスケット面圧を得ることができる。

(3) この実施例によれば、片締め無く締結でき、均一で適正なガスケット面圧を確保できる技量つまり、技能レベルを面間距離Dの計測とボルト軸力Fの計測の何れか一方または双方で定量的に確認し、評価できる。これにより、実際の締結方法（JIS、ASMEなど）に準じたトレーニングができ、このトレーニングを面間距離Dの計測または軸力Fの計測を以て実施でき、多数段階の締付け段階で、実機上の締付けを模擬したトレーニングを実現することができる。

(4) 施工者の実施結果の評価が、判定結果である技能レベルLa、Lb-1、Lb-2、Lc-1、Lc-2が低い場合など、単純に技能レベルの評価だけでなく、JISやASMEによる施工手順に準拠しない施工であるなどを判定することができる。

[0067] <規格に基づくフランジ継手締付け>

上記実施例では、JIS B 2251 準拠したならば、仮締めに準拠して実

施することが必要である。フランジ継手締付け手順には J I S B 2 2 5 1 仮締めにある一般事項、締付け順序に従い、ボルトの仮締付けを行う。仮締付け（インストール）にはトルクレンチを使用し、フランジのボルト本数が 8 本以下の場合、すべてのボルトを仮締付けの対象としている。対角締めは既述した通りである。

上記実施例では、J I S B 2 2 5 1 本締めに準拠して実施することが必要である。本締付けでは、すべてのボルトを対象として、目標締付けトルクによる締付けを行う。締付けトルクの管理にはトルクレンチを用いる。

なお、A S M E P C C - 1 では、全ボルトを対角交互締めしたのち周回締めすることを基本としているが、J I S B 2 2 5 1 の手順も記載されている。

[0068] 〔他の実施の形態〕

既述の実施の形態には次のバリエーションが含まれる。

(1) 面間距離 D の計測は一方のフランジ 1 6 - 1 のボルト中心径のボルト間に、測長器取付け用の貫通穴を設け、対面のフランジ 1 6 - 2 の面に測長器の先端を当て、面間を測定してよい。

(2) 測長器の数は少なくとも対角一対でよいが、それに直行する対角二対以上を設置してよい。一方のフランジ外縁に測長器を取り付け、対面のフランジの外縁に測長器の先端を受ける張出しを設けてもよい。

(3) 実施例では計測部 6 に光学計測によるフランジ間計測装置を例示したが、計測部 6 には隙間ゲージなど各種の計測器を用いてよい。

(4) 軸力計測部 3 6 で計測した、最大値 f_{hmax} （本締め）と、本締めの軸力の基準値 f_{href} とを比較し、局所的な軸力がガスケットの破壊応力を超えることがないかを判定しても良い。

(5) 軸力計測部 3 6 で計測した、最小値 f_{hmin} （本締め）と、本締めの軸力の基準値 f_{href} とを比較し、局所的な軸力がガスケットの密封限界応力を下回ることがないかを判定しても良い。

[0069] 以上説明したように、本発明の最も好ましい実施の形態等について説明し

た。本発明は、上記記載に限定されるものではない。特許請求の範囲に記載され、または発明を実施するための形態に開示された発明の要旨に基づき、当業者において様々な変形や変更が可能である。斯かる変形や変更が、本発明の範囲に含まれることは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0070] 本発明によれば、フランジの面間距離Dを計測して技能レベルを判定でき、この面間距離Dに加えて軸力Fを計測して技能レベルを判定でき、シール施工の技量の増進とシール施工結果の信頼性向上に寄与することができる。

符号の説明

- [0071] 2 シール施工判定システム
- 4 シール施工部
- 6 面間距離計測部
- 8 処理部
- 10 記憶部
- 12 情報提示部
- 14-1、14-2 配管
- 16-1、16-2 フランジ継手
- 18 ガasket
- 20-1、20-2、・・・、20-N ボルト
- 22 ナット
- 24 締付け工具
- 26-1 第1のシール施工判定ファイル
- 26-2 第2のシール施工判定ファイル
- 28、38 番号情報部
- 30、40 識別情報部
- 30-1 計測部位部
- 30-2 締付け時期部
- 32 面間距離部

3 2 - 1、4 2 - 1 計測値部
3 2 - 2、4 2 - 2 本締め計測値部
3 2 - 3、4 2 - 3 最大値部
3 2 - 4、4 2 - 4 最小値部
3 2 - 5、4 2 - 5 差部
3 2 - 6 基準値部
3 4、4 4 技能レベル部
3 6 軸力計測部
3 6 - 1、3 6 - 2、・・・、3 6 - 8 軸力センサー
4 2 軸力部
4 6 床
4 8 固定フランジ
5 0 計測機能部
5 2 通信部
5 4 管理テーブル
5 6 キャスター
5 8 P C
6 0 データロガー
6 2 モニター
6 4 ケーブル
6 6 画面
6 8 タッチパネル
7 0 プロセッサ
7 2 I / O
7 4 通信部
7 6 操作入力部
7 8 光照射部
8 0 撮像部

8 2 画像処理部

8 4 本体部

8 6 グリップ

8 8 ガイド

9 0 間隔部

請求の範囲

- [請求項1] ガスケットを挟み込んでボルトおよびナットで締結されたフランジの面間距離により施工結果を判定するシール施工判定システムであって、
- ガスケットを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシール施工部と、
- 前記フランジの面間距離を計測する面間距離計測部と、
- 前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記面間距離計測部から前記面間距離の計測値を取り込んで、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する処理部と、
- 前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示する情報提示部と、
- を備えることを特徴とするシール施工判定システム。
- [請求項2] さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する軸力計測部が備えられ、
- 前記処理部は、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトの軸力の計測値を取り込んで、これら計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定し、
- 前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示することを特徴とする請求項1に記載のシール施工判定システム。
- [請求項3] さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する軸力計測部が備えられ、
- 前記処理部は、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトの軸力の計測値を取り込んで、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レ

ベルを判定し、

前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示することを特徴とする請求項 1 に記載のシール施工判定システム。

[請求項4] 前記処理部は、前記差の基準値に対するずれ量を演算し、このずれ量と判定基準とを比較して技能レベルを判定することを特徴とする請求項 1 または請求項 3 に記載のシール施工判定システム。

[請求項5] 前記処理部は、前記フランジ上の面間距離の計測部位または締付け時期の何れかまたは二以上を識別情報とし、該識別情報に関係付けて情報処理を行うことを特徴とする請求項 1 に記載のシール施工判定システム。

[請求項6] コンピュータで実現するためのプログラムであって、
ガasketを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシール施工部の前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記フランジの面間距離の計測値を取り込む機能と、

前記計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能と、

処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全ての提示情報を生成する機能と、

を前記コンピュータに実現させるためのプログラム。

[請求項7] さらに、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトからの軸力の計測値を取り込む機能と、

前記計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能と、

前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全ての提示情報を生成する機能と、

を含むことを特徴とする請求項 6 に記載のプログラム。

- [請求項8] さらに、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトからの軸力の計測値を取り込む機能と、
前記計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能と、
前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全ての提示情報を生成する機能と、
を含むことを特徴とする請求項6に記載のプログラム。
- [請求項9] 前記差の基準値に対するずれ量を演算し、このずれ量と判定基準とを比較して技能レベルを判定する機能とを含むことを特徴とする請求項6または請求項8に記載のプログラム。
- [請求項10] ガasketを挟み込んでボルトおよびナットで締結されたフランジの面間距離により施工結果を判定するシール施工判定方法であって、
ガasketを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシール施工部で、前記フランジの面間距離を計測する工程と、
、
前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記面間距離の計測値を取り込んで、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程と、
を含むことを特徴とするシール施工判定方法。
- [請求項11] さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する工程と、
前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトから軸力の計測値を取り込み、これら計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程と、
を含むことを特徴とする請求項10に記載のシール施工判定方法。
- [請求項12] さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する工程と、

前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記ボルトから軸力の計測値を取り込み、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程と、

を含むことを特徴とする請求項 10 に記載のシール施工判定方法。

[請求項13] 前記差の基準値に対するずれ量を演算し、このずれ量と判定基準とを比較して技能レベルを判定する工程を含むことを特徴とする請求項 10 または請求項 12 に記載のシール施工判定方法。

[請求項14] ガasketを挟み込んでボルトおよびナットで締結されたフランジの面間距離を用いてシール施工を学習するシール施工学習システムであって、

ガasketを挟み込んでボルトおよびナットで締結されるフランジを備えたシール施工部と、

前記フランジの面間距離を計測する面間距離計測部と、

前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記面間距離計測部から前記面間距離の計測値を取り込んで、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定する処理部と、

前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示する情報提示部と、

を備えることを特徴とするシール施工学習システム。

[請求項15] さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する軸力計測部が備えられ、

前記処理部は、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記軸力計測部から計測値を取り込み、これら計測値の平均値を演算し、この平均値と判定基準とを比較して技能レベルを判定し、

前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果

の何れかまたは全てを提示することを特徴とする請求項 14 に記載のシール施工学習システム。

[請求項16] さらに、前記フランジに前記ボルトから加えられる軸力を計測する軸力計測部が備えられ、

前記処理部は、前記ボルトの締付け開始から締付け完了に至る複数の段階で、前記軸力計測部から計測値を取り込み、これら計測値の最大値と最小値の差を演算し、この差と判定基準とを比較して技能レベルを判定し、

前記情報提示部は、前記処理部で処理する演算情報または演算結果の何れかまたは全てを提示することを特徴とする請求項 14 に記載のシール施工学習システム。