

明 細 書

発明の名称：

シール材の施工モニタリング装置、施工モニタリングプログラム、施工モニタリング方法、施工モニタリングシステムおよび施工実習システム

技術分野

[0001] 本発明は、配管連結のフランジ継手に用いられるガスケットなどのシール材の施工および施工モニタリングの技術に関する。

背景技術

[0002] 配管連結や配管にポンプなどの設備を接続する施工では、フランジ継手にガスケットなどのシール材を挟み込み、フランジ継手の複数箇所に配置したボルトでガスケットを締付けている。

[0003] この施工に関し、ガスケットを介在させたフランジ締結部の締結力ないし締結状態を計測し、締結部からの流体のリークを監視することが知られている（たとえば、特許文献１）。このフランジ締結部に介在させたガスケット側の圧力について、この圧力を圧力センサーで測定し、その測定値によりフランジ締結力を判定することが知られている（たとえば、特許文献２）。

[0004] この施工に関する教育用機材として、トルクレンチなどの締付け具により締め付けられるボルトの締付け力をロードセルによって検出してディスプレイに表示し、フランジの面圧を作業者に確認させることが知られている（たとえば、特許文献３）。

[0005] さらに、フランジ継手のボルト締めによる練習のため、ボルトの歪データを視認化するフランジ締付け実習システムも知られている（たとえば、特許文献４）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開平９－３２９２８１号公報

特許文献２：特開２００７－２９２６２８号公報

特許文献3：特開2009-191932号公報

特許文献4：特開2015-141345号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、シール材には特性の異なる種々の製品があり、選択の自由度がある。条件に適合した優れたシール材を選定しても、施工状態が不完全であれば、シール材が持つ機能を発揮できないし、シール機能の低下は漏洩などを生じるという課題がある。シール材を締め付けるボルトの軸力を高めれば締付け力が増大するが、締付け力がシール材の許容力の限界を超えれば、シール材を圧壊させる危険性があるし、締付け力が不足すれば、必要なシール性能が得られない。複数のボルトの各軸力が不均一であれば、シール材に歪を生じさせ、期待するシール性能が得られないという課題がある。このため、着脱可能な配管の連結部の安全性や信頼性を確保する上で、シール材の施工は極めて重要であり、慎重な施工が求められる。

[0008] 斯かるシール材の施工は、習熟した作業者によることが望ましく、習熟のためには訓練や経験が必要である。しかし、習熟者にあっても技能を確認し、スキルアップを図ることは、施工の信頼性を確保する上で重要である。

[0009] そこで、本発明の目的は上記課題に鑑み、シール材の施工状態の確認の容易化とともに施工の信頼性や施工能力を高めることにある。

[0010] また、本発明の他の目的は、シール材を締め付けるボルトの軸力の均一化だけでなく、フランジ間の平行度、シール材毎の締付け力、ボルトの締付け手順によってもシール性能に影響するとの本発明者の知見に基づき、フランジ間の平行度、シール材毎の締付け力、締付け手順を監視し、施工技能の向上に寄与し、シール施工の信頼性をより高めることにある。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリング装置の一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工モニタリング装置であって、中心点から放射状に

延びる複数の座標を生成し、各座標上に前記ボルトの目標軸力、または前記ボルトの検出軸力を前記中心点からの距離で表示し、隣接する前記座標上の前記目標軸力間または前記検出軸力間を結んで、前記座標上に前記目標軸力による第1の分布図形、または前記検出軸力による第2の分布図形を生成する図形情報生成手段を備える。

上記シール材の施工モニタリング装置において、前記図形情報生成手段は、前記第1の分布図形および前記第2の分布図形を共通の座標上に重ねて表示させる。

上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリング装置の一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工モニタリング装置であって、各ボルトの軸力を検出する複数の第1のセンサーと、前記軸力に対する目標軸力および位置情報により前記目標軸力の分布情報を生成し、前記軸力および位置情報により前記軸力の分布情報を生成する情報生成部と、座標上に前記目標軸力を表す第1の分布図形を提示し、前記軸力を表す第2の分布図形を提示するモニターとを備える。

[0012] 上記シール材の施工モニタリング装置において、さらに、前記フランジ継手のフランジ間の平行度を検出する第2のセンサーを備え、前記情報生成部が前記第2のセンサーのセンサー出力により平行度情報を生成し、前記モニターがフランジ間の平行度を表す第3の分布図形を提示する。

[0013] 上記シール材の施工モニタリング装置において、さらに、前記情報生成部は、シール材毎に目標締め付け力が設定され、前記フランジ継手のフランジおよび前記ボルトの寸法情報により算出される締め付けトルクを参照し、前記シール材に対する締め付け力が前記目標締め付け力に到達したかをボルト毎に判定し、前記モニターに判定結果を提示する。

[0014] 上記シール材の施工モニタリング装置において、さらに、前記フランジ継手を備えるシール施工部の位置または角度を変更することにより、または前記フランジ継手の位置または角度を変更することにより、作業環境を模擬可

能とする。

[0015] 上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリングプログラムの一側面によれば、コンピュータに実行させる、シール材の施工モニタリングプログラムであって、中心点から放射状に延びる複数の座標を生成し、各座標上に前記ボルトの目標軸力、または前記ボルトの検出軸力を前記中心点からの距離で表示し、隣接する前記座標上の前記目標軸力間または前記検出軸力間を結んで、前記座標上に前記目標軸力による第1の分布図形、または前記検出軸力による第2の分布図形を生成する機能を前記コンピュータで実現する。

上記シール材の施工モニタリングプログラムにおいて、さらに、前記第1の分布図形および前記第2の分布図形を共通の座標上に重ねて表示させる機能を前記コンピュータで実現する。

上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリングプログラムの一側面によれば、コンピュータに実行させる、シール材の施工モニタリングプログラムであって、各ボルトの軸力を検出する複数の第1のセンサーからセンサー出力を受け、前記軸力に対する目標軸力および位置情報により前記目標軸力の分布情報を生成し、前記軸力および位置情報により前記軸力の分布情報を生成し、座標上に前記目標軸力を表す第1の分布図形を提示し、前記軸力を表す第2の分布図形を提示する機能を前記コンピュータで実現する。

[0016] 上記シール材の施工モニタリングプログラムにおいて、さらに、フランジ継手のフランジ間の平行度を検出する第2のセンサーからセンサー出力を受け、前記センサー出力により平行度情報を生成し、前記フランジ間の前記平行度を表す第3の分布図形を提示する機能を前記コンピュータで実現する。

[0017] 上記シール材の施工モニタリングプログラムにおいて、さらに、シール材毎に目標締付け力を設定し、該目標締付け力に前記シール材に対する締付け力が到達したかをボルト毎に判定し、該判定結果をモニターで提示する機能を前記コンピュータで実現する。

[0018] 上記シール材の施工モニタリングプログラムにおいて、さらに、各ボルトの締め付け手順を判定し、該判定結果を前記モニターに提示する機能を前記コンピュータで実現する。

[0019] 上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリング方法の一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工モニタリング方法であって、

図形情報生成手段が中心点から放射状に延びる複数の座標を生成し、各座標上に前記ボルトの目標軸力、または前記ボルトの検出軸力を前記中心点からの距離で表示し、隣接する前記座標上の前記目標軸力間または前記検出軸力間を結んで、前記座標上に前記目標軸力による第1の分布図形、または前記検出軸力による第2の分布図形を生成する工程を含む。

上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリング方法の一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工モニタリング方法であって、各ボルトの軸力を検出する工程と、前記軸力に対する目標軸力および位置情報により前記目標軸力の分布情報を生成し、前記軸力および位置情報により前記軸力の分布情報を生成する工程と、座標上に前記目標軸力を表す第1の分布図形を提示し、前記軸力を表す第2の分布図形を提示する工程とを含む。

[0020] 上記シール材の施工モニタリング方法において、さらに、前記フランジ継手のフランジ間の平行度を検出する工程と、前記平行度により平行度情報を生成する工程と、前記フランジ間の前記平行度を表す第3の分布図形を提示する工程とを含む。

[0021] 上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリングシステムの一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工モニタリングシステムであって、フランジ継手にシール材を挟んで締め付ける複数のボルトの軸力を検出する第1のセンサー、または前記フランジ継手のフランジ間の平行度を検出する第2のセンサーを備えるシール施工部と、中心点から放射状に延びる複数の座標を生成

し、各座標上に前記ボルトの目標軸力、または前記ボルトの検出軸力を前記中心点からの距離で表示し、隣接する前記座標上の前記目標軸力間または前記検出軸力間を結んで、前記座標上に前記目標軸力による第1の分布図形、または前記検出軸力による第2の分布図形を生成する図形情報生成手段を備える。

上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工モニタリングシステムの一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工モニタリングシステムであって、フランジ継手にシール材を挟んで締め付ける複数のボルトの軸力を検出する第1のセンサー、または前記フランジ継手のフランジ間の平行度を検出する第2のセンサーを備えるシール施工部と、前記第1のセンサーまたは前記第2のセンサーと有線または無線で接続され、前記軸力に対する目標軸力および位置情報により前記目標軸力の分布情報を生成し、前記軸力および位置情報により前記軸力の分布情報を生成し、または前記平行度により平行度情報を生成する情報生成部と、前記情報生成部と有線または無線で接続され、座標上に前記目標軸力を表す第1の分布図形を提示し、前記軸力を表す第2の分布図形を提示し、または前記平行度を表す第3の分布図形を提示するモニターとを備える。

[0022] 上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工実習システムの一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工実習システムであって、フランジ継手にシール材を挟んで締め付ける複数のボルトの軸力を検出する第1のセンサー、または前記フランジ継手のフランジ間の平行度を検出する第2のセンサーを備えるシール施工部と、中心点から放射状に延びる複数の座標を生成し、各座標上に前記ボルトの目標軸力、または前記ボルトの検出軸力を前記中心点からの距離で表示し、隣接する前記座標上の前記目標軸力間または前記検出軸力間を結んで、前記座標上に前記目標軸力による第1の分布図形、または前記検出軸力による第2の分布図形を生成する図形情報生成手段を備える。

上記目的を達成するため、本発明のシール材の施工実習システムの一側面によれば、フランジ継手にシール材を挟み複数のボルトで締め付けてシールする、シール材の施工実習システムであって、フランジ継手にシール材を挟んで締め付ける複数のボルトの軸力を検出する第1のセンサー、または前記フランジ継手のフランジ間の平行度を検出する第2のセンサーを備えるシール施工部と、前記第1のセンサーまたは前記第2のセンサーと有線または無線で接続され、前記軸力に対する目標軸力および位置情報により前記目標軸力の分布情報を生成し、前記軸力および位置情報により前記軸力の分布情報を生成し、または前記平行度により平行度情報を生成する情報生成部と、前記情報生成部と有線または無線で接続され、座標上に前記目標軸力を表す第1の分布図形を提示し、前記軸力を表す第2の分布図形を提示し、または前記平行度を表す第3の分布図形を提示するモニターとを備える。

発明の効果

- [0023] 本発明によれば、次のいずれかの効果が得られる。
- [0024] (1) シールの締付け状態を表す分布図形を座標上にリアルタイムで提示でき、この分布図形の形状状態や中心からの距離により視覚的にシール材の締付け状態を容易に認識することができる。
- [0025] (2) 軸力を増減した際に、フランジ締付け特有の弾性相互作用による緩みを軸力の分布図形の形状変化で容易に認識でき、係る認識を踏まえて目標締付け力に合致するボルト締めを行うことができ、最適な締付け力で適正なシールを実現できる。
- [0026] (3) ボルトに加えるトルクと軸力分布の関係を容易に把握できるので、熟練した作業者にあっては癖の矯正や、スキルアップを図ることができ、シール施工の信頼性を高めることができる。
- [0027] (4) シール材の実習支援ツールとして活用できるとともに、スキルアップの迅速化に寄与することができる。
- [0028] (5) フランジ継手のフランジ間の平行度をリアルタイムでモニタリングすれば、適正な締付け力だけでなく、締付けの手順やボルトの締付け力がフラ

ンジの平行度に影響することを容易に確認できる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]第1の実施の形態に係るシール材の施工モニタリング装置を示す図である。

[図2]施工モニタリングの処理手順を示すフローチャートである。

[図3]座標上に目標軸力の分布図形を示すとともに、弾性相互作用で変化する軸力を示す図である。

[図4]実施例1に係るシール材の施工モニタリング装置を示す図である。

[図5]施工モニタリングの処理手順を示すフローチャートである。

[図6]フランジの平行度の分布図形を示す図である。

[図7]実施例2に係るシール材の施工モニタリングシステムを示す図である。

[図8]ひずみゲージを備えたボルトを示す図である。

[図9]施工モニタリングシステムの構成を示す図である。

[図10]シール施工の手順を示すフローチャートである。

[図11]施工モニタリングの処理手順を示すフローチャートである。

[図12]軸力テーブルの一例を示す図である。

[図13]平行度テーブルの一例を示す図である。

[図14]軸力の分布図形の変化を示す図である。

[図15]軸力の分布図形の変化を示す図である。

[図16]実施例3に係るガスケット毎に目標軸力の設定を説明するための図である。

[図17]実施例4に係る締付け手順の表示を説明するための図である。

[図18]実施例5に係る締付け力の合否を判定する処理手順を示すフローチャートである。

[図19]締付け力の分布図形および評価テーブルを示す図である。

[図20]実施例6に係る締付け順序の合否を判定する処理手順を示すフローチャートである。

[図21]実施例7に係るシール施工部を示す図である。

発明を実施するための形態

[0030] <施工モニタリング装置>

[0031] 図1は、一実施の形態に係るシール材の施工モニタリング装置を示している。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ない。

[0032] このシール材の施工モニタリング装置（以下、単に「施工モニタリング装置」と称する）2はシール施工部4に設置される。このシール施工部4は施工モニタリング装置2のモニター対象であり、シール施工機器の一例である。このシール施工部4はフランジ継手6を備え、このフランジ継手6にシール材の一例であるガスケット8を挟み込んでシールする。

[0033] フランジ継手6は配管10-1、10-2の連結手段であって、一对のフランジ6-1、6-2を備える。フランジ6-1は配管10-1の端部に一体に形成されており、フランジ6-2は配管10-2の端部に一体に形成されている。

[0034] ガスケット8はフランジ6-1、6-2の対向面間に設置される。このガスケット8の形状は環状であって、フランジ6-1、6-2より径小で、配管10-1、10-2の内径より径大である。配管10-1、10-2を連結するだけであれば、通常、フランジ継手6は不要であるが、このフランジ継手6を用いるのは、配管10-1、10-2をたとえば、メンテナンスなどで定期的に着脱させる必要に備え、連結された配管10-1、10-2でシームレス配管と同等の機能をシールによって実現することにある。

[0035] 各フランジ6-1、6-2には複数のボルト12-1、12-2・・・12-8が備えられる。各ボルト12-1、12-2・・・12-8は、配管10-1、10-2の中心Oから等距離の周回位置で一定角度 θ の角度間隔で配置される。角度 θ は、軸力の位置情報の一例である。各ボルト12-1、12-2・・・12-8には、各フランジ6-1、6-2を等しい位置で貫通してフランジ6-1、6-2を挟んでナット14を取り付けてある。ボルト12-1、12-2・・・12-8の配置を以てナット14を締め付けるので、ガスケット8に均等な締め付け力を付与することが可能である。

- [0036] 各ナット14にトルクTを付与するには適正な締付け工具16が必要である。この締付け工具16としてたとえば、ラチェットトルクレンチ、デジタルトルクレンチ、ボルトテンショナー、ラチェットレンチ、スパナ、メガネレンチ、打撃レンチなどがある。この締付け工具16をナット14に当て、トルクTを付与すれば、各ボルト12-1、12-2・・・12-8には図中Z軸方向に軸力Fを生じ、この軸力Fがガスケット8に対する締付け力となる。
- [0037] 各軸力Fを検出するセンサー群18が備えられる。このセンサー群18は、各ボルト12-1、12-2・・・12-8に対応し、複数のセンサー18-1、18-2・・・18-8が備えられる。各センサー18-1、18-2・・・18-8には軸力Fを電気信号で出力するセンサーを用いればよく、圧力センサー、歪ゲージ、変移計、荷重計などのいずれを用いてもよく、ガスケット8の締付け力を直接検出するセンサーであってもよい。
- [0038] センサー群18の各センサー出力はデータ集積部20に取り込まれて集積される。各検出軸力はたとえば、電気信号であり、データ集積部20に電気的に集積される。このデータ集積部20はコンピュータで構成してよく、既存のデータロガーを用いてよい。
- [0039] 各検出軸力はデータ集積部20から所定のタイミングで情報生成部22に取り込まれる。この情報生成部22は図形情報生成手段の一例である。この情報生成部22にはたとえば、コンピュータが用いられる。この情報生成部22は各検出軸力をデジタル化して取り込み、締付け力の作図化のための情報処理を実行する。この情報処理を実行する情報生成部22の機能には、中心点Oから放射状に延びる複数の座標軸yを生成する機能、各座標軸y上にボルトの目標軸力F_{ref}、またはボルトの検出軸力Fを中心点Oからの距離で表示する機能、隣接する座標軸y上の目標軸力F_{ref}間または検出軸力F間を結んで、座標軸y上に目標軸力による第1の分布図形26-1、または検出軸力による第2の分布図形26-2を生成する機能が含まれる。この機能は、情報処理によって得られる。

- [0040] この情報処理には
- a) 各検出軸力の取込みおよび記憶
 - b) 各検出軸力の位置情報と、検出軸力の分布を表す作図情報の生成
 - c) 軸力分布を展開する座標の生成
 - d) 目標軸力と位置情報を用いて目標軸力の分布を表す作図情報の生成
- などの処理が含まれる。目標軸力は、ガスケット 8 に対する適正な締付け力に必要な軸力である。
- [0041] この情報処理で得られる座標および作図情報はモニター 24 に提供され、モニター 24 の画面に座標とともに軸力図形が提示される。モニター 24 は、作業や管理者などに対してシール状況を提示する情報提示部の一例である。モニター 24 は情報生成部 22 に有線または無線で接続すればよいし、パーソナルコンピュータ（PC）のディスプレイを用いてもよい。
- [0042] <軸力のモニタリング>
- [0043] 次に、図 2 は、検出軸力のモニタリングの処理手順を示している。この処理手順は、本発明の施工モニタリングプログラム、施工モニタリング方法の一例である。
- [0044] この処理手順は、予め施工条件に適合するガスケット 8 の選定が行われ、各ボルト 12-1、12-2・・・12-8 の仮締め後の処理である。
- [0045] ボルト 12-1、12-2・・・12-8 の締付けかを判断し（S101）、締付けであれば（S101のYES）、センサー群 18 からデータ集積部 20 に各センサー出力を取り込み、検出軸力を集積させる（S102）。この集積には、既述の情報処理の a) 各検出軸力の取込みおよび記憶に相当する。
- [0046] 検出軸力や目標軸力の作図処理を行う（S103）。この処理には既述の b) 各検出軸力の位置情報と、検出軸力の分布を表す作図情報の生成、c) 軸力分布を展開する座標の生成、d) 目標軸力と位置情報を用いて目標軸力の分布を表す作図情報の生成が含まれる。
- [0047] この作図処理の後、座標上に検出軸力および目標軸力の分布図形をモニタ

ー 2 4 に表示する (S 1 0 4)。

- [0048] この表示中、検出軸力の変化を監視し、ボルト 1 2 - 1、1 2 - 2 . . . 1 2 - 8 の締付けは完了かの判断を行う (S 1 0 5)。ボルト 1 2 - 1、1 2 - 2 . . . 1 2 - 8 の締付け完了前であれば (S 1 0 5 の NO)、S 1 0 2 ~ S 1 0 5 の処理を継続する。これにより、検出軸力の変化がモニター 2 4 に表示されている分布図形に反映され、検出軸力が分布図形の変化として動的に表示される。
- [0049] ボルト 1 2 - 1、1 2 - 2 . . . 1 2 - 8 の締付けが完了すれば (S 1 0 5 の YES)、締付け完了時の座標上に目標軸力および検出軸力の分布図形が表示され (S 1 0 6)、この施工モニタリング処理を完了する。これにより、軸力が目標軸力と一致するか否かを容易に確認できる。
- [0050] 図 3 は、軸力のモニタリングにおける検出軸力および目標軸力の各分布図形の一例を示している。
- [0051] 図 3 の A に示すように、中心に 0 点を取って放射状に複数の座標軸 y_1 、 y_2 . . . y_8 を備える座標が設定される。〔1〕、〔2〕 . . . 〔8〕はボルト番号であり、座標軸 y_1 、 y_2 . . . y_8 は、複数のボルト 1 2 - 1、1 2 - 2 . . . 1 2 - 8 の配置に対応している。
- [0052] この例では、ボルト数 8 に対応した座標軸数であるが、配置するボルト数に合わせて座標軸 y の数を設定すればよい。各座標軸 y_1 、 y_2 . . . y_8 には 0 点から離れる方向に正の軸力レベルを表すスケールを備え、同一スケール上に x 軸が設定されている。
- [0053] ガスケット 8 に対する適正な締付け力に対して、 F_{1ref} 、 F_{2ref} . . . F_{8ref} は、各ボルト 1 2 - 1、1 2 - 2 . . . 1 2 - 8 の目標軸力を表す。通常、 F_{1ref} 、 F_{2ref} . . . F_{8ref} は、同値 F_{ref} に設定される。各目標軸力 F_{1ref} 、 F_{2ref} . . . F_{8ref} をたとえば、二点鎖線で結ぶと、第 1 の分布図形として目標軸力 F_{ref} の分布図形 2 6 - 1 が生成される。この場合、分布図形 2 6 - 1 は、 F_{1ref} 、 F_{2ref} . . . F_{8ref} により八角形の分布図形である。この場合、 θ

$= 45 [^\circ]$ であることから、分布図形 26-1 は正八角形であり、ボルト数が異なれば、分布図形 26-1 はそれに応じた多角形状となる。

[0054] 各ボルト 12-1、12-2・・・12-8 の検出軸力を F_1 、 F_2 ・・・ F_8 とすれば、検出時点の各軸力 F_1 、 F_2 ・・・ F_8 を y_1 、 y_2 ・・・ y_8 上にスケール位置にプロットされ、この場合、分布図形 26-2 とする。

[0055] この検出時点での検出軸力 F_1 、 F_2 ・・・ F_8 と目標軸力 F_{1ref} 、 F_{2ref} ・・・ F_{8ref} の関係は、

$$F_{1ref} > F_1, \quad F_{1ref} - F_1 = \Delta F_1 \quad \dots (1)$$

$$F_{2ref} > F_2, \quad F_{2ref} - F_2 = \Delta F_2 \quad \dots (2)$$

$$F_{3ref} > F_3, \quad F_{3ref} - F_3 = \Delta F_3 \quad \dots (3)$$

.....

$$F_{8ref} > F_8, \quad F_{8ref} - F_8 = \Delta F_8 \quad \dots (4)$$

である。

[0056] この分布図形 26-2 を確認しつつ、締付け工具 16 で軸力 F を ΔF_1 、 ΔF_2 ・・・ ΔF_8 だけ増加させ、目標軸力 F_{1ref} 、 F_{2ref} ・・・ F_{8ref} に検出軸力 F_1 、 F_2 ・・・ F_8 を到達させればよい。

[0057] しかしながら、たとえば軸力 F_1 を図 3 の B に示すように、矢印 a の方向に増加させ、目標軸力 F_{1ref} に到達させたとする。

[0058] このとき、ボルト 12-1 側では、

$$F_{1ref} = F_1, \quad F_1 - F_{1ref} = 0 \quad \dots (5)$$

となる。これに対し、ボルト 12-2 側では、フランジ 6-1、6-2 の弾性相互作用の影響を受けて軸力 F_2 が F_2' に減少し

$$F_2' < F_2, \quad F_2 - F_2' = \Delta F_2' > 0 \quad \dots (6)$$

となる。同様に、ボルト 12-8 側も、フランジ 6-1、6-2 の弾性相互作用の影響を受けて軸力 F_8 が F_8' に減少し

$$F_8' < F_8, \quad F_8 - F_8' = \Delta F_8' > 0 \quad \dots (7)$$

となる。

[0059] このため、ボルト 12-2、12-8 側では、式 (1) および式 (4) は、

$$F_{2\text{ref}} - F_2' = \Delta F_2 + \Delta F_2' > \Delta F_2 \quad \dots (8)$$

$$F_{8\text{ref}} - F_8' = \Delta F_8 + \Delta F_8' > \Delta F_8 \quad \dots (9)$$

となる。つまり、ボルト 12-1 側の軸力 F_1 を目標軸力 $F_{1\text{ref}}$ に到達させると、ボルト 12-2、12-8 側では目標軸力 $F_{2\text{ref}}$ 、 $F_{8\text{ref}}$ に到達させるために必要な軸力を増大させることが必要である。

[0060] つまり、ボルト 12-1 を挟んで隣り合うボルト 12-2、12-8 側の軸力 F_2 、 F_8 の減少は、ボルト 12-1 側で締め付けられたフランジ 6-1、6-2 間にはフランジ 6-1、6-2 の持つ弾性相互作用で、ボルト 12-2、12-8 側で広がりを生じ、ボルト 12-2、12-8 側に生じる緩みを意味する。

[0061] このような弾性相互作用による影響を分布図形 26-2 の変化から容易に認識することは極めて有益である。すなわち、弾性相互作用による軸力の低下現象を可視化することで、弾性相互作用による影響を視覚的な認識させ、軸力の増減感を締め付け工具 16 によるトルク T で体感させることができ、フランジ締め付けのスキルを作業者に習得させることができる。

[0062] <一実施の形態の効果>

[0063] この一実施の形態によれば、次のような効果が得られる。

[0064] (1) 座標上に目標軸力 F_{ref} および検出軸力 F の分布図形 26-1、26-2 を作図して画面上に表示するので、分布図形 26-1、26-2 の対比により相対的な軸力差の増減方向を把握して軸力 F を加減でき、目標軸力 F_{ref} に到達させ、適正なシール状態を実現できる。

[0065] (2) 検出軸力 F の大小はスケール上にプロットされた検出軸力 F の大きさ、つまり、0 点から離れる距離、分布図形 26-2 の形状ひずみなどを分布図形 26-1 との対比で容易に把握でき、検出軸力 F から締め付け状態の増減関係を視覚的に容易に認識できる。

[0066] (3) 0 点から離れる方向にその距離によって検出軸力 F の大きさを表して

いるので、締付け力の増減方向を、0点を基準に認識でき、検出軸力Fを締付け工具16の操作方向つまり、トルクTの増減方向を容易に把握することができる。

[0067] (4) ボルト12-1、12-2・・・12-8には一定の締付け手順が存在するが、この締付け手順が実行されない場合には、検出軸力Fの分布図形26-2の形状またはそのひずみ状態から判定できる。

[0068] (5) シール施工の学習者には、シール施工の習熟を迅速化できるとともに、熟練者であっても、その習熟度合いや施工の矯正にも利用することができる。

[0069] (6) 締付け工具16にはたとえば、ラチェットトルクレンチ、デジタルトルクレンチ、ボルトテンショナー、ラチェットレンチ、スパナ、メガネレンチ、打撃レンチなどが存在している。これらの工具による締付け結果を検出軸力の分布図形で比較し、クオリティの高いシール施工に対して適正な工具を選定する際の選定情報を得ることができる。

[0070] (7) 共通の座標上にある目標軸力F_{ref}および検出軸力Fの分布図形26-1、26-2を比較しながら、目標軸力F_{ref}に検出軸力Fを到達させる操作で、理想的なシール状態を実現できる。

[0071] (8) 検出軸力Fに応じて分布図形26-2の変化を認識でき、フランジ継手6が持つ弾性相互作用の影響を容易に認識でき、弾性相互作用の影響を踏まえた締付け力の付与を行うことができ、締付け作業のスキルを向上させることができる。

実施例 1

[0072] 図4は、実施例1に係るシール材の施工モニタリング装置を示している。図1と同一部分には同一符号を付してある。

[0073] この実施例1の施工モニタリング装置2では、複数の第1のセンサー18-1、18-2・・・18-8に加え、複数の第2のセンサー群28として4組の第2のセンサー28-1、28-2、28-3、28-4が備えられる。センサー28-1、28-2、28-3、28-4はフランジ6-1、

6-2間の隙間を検出するたとえば、変位計を用いればよい。

[0074] この例では、センサー28-1、28-2、28-3、28-4が90〔度〕の角度間隔を以てたとえば、ボルト12-1側にセンサー28-1、ボルト12-3側にセンサー28-2、ボルト12-5側にセンサー28-3、ボルト12-7側にセンサー28-4が配置され、フランジ6-1、6-2の4箇所の周回位置で隙間を検出する。この各隙間から平行度が求められる。平行度の検出位置は4箇所より多く設定してもよい。

[0075] 各センサー28-1、28-2、28-3、28-4のセンサー出力はデータ集積部20に取り込まれ、情報生成部22に提供される。情報生成部22は、センサー出力から平行度情報を生成し、平行度の作図情報を生成するための情報処理を実行する。

[0076] この情報処理には

e) 各センサー出力の取込みおよび記憶

f) 各隙間の位置情報と、各センサー出力から平行度情報を生成し、平行度の作図情報の生成

g) 平行度を表す座標の生成

などの処理が含まれる。

[0077] モニター24は、情報生成部22から提供される作図情報により、フランジ6-1、6-2の平行度を表す第3の分布図形26-3（図6）を生成する。

[0078] <平行度のモニタリング>

[0079] 図5は、平行度のモニタリングの処理手順を示している。この処理手順は、本発明の施工モニタリングプログラム、施工モニタリング方法の一例である。

[0080] この処理手順においても、ボルト12-1、12-2・・・12-8の締付けかを判断し（S201）、締付けであれば（S201のYES）、センサー群28からデータ集積部20に各センサー出力を取り込み、センサー出力を集積させる（S202）。検出された隙間からフランジ6-1、6-2

間の平行度の作図処理を行う（S203）。

[0081] この作図処理の後、座標上に平行度を表す分布図形26-3をモニター24に表示する（S204）。

[0082] この表示中、検出軸力の変化を監視し、ボルト12-1、12-2・・・12-8の締付けは完了かの判断を行う（S205）。ボルト12-1、12-2・・・12-8の締付け完了前であれば（S205のNO）、S202～S205の処理を継続する。これにより、平行度の変化がモニター24に表示されている分布図形26-3に反映され、平行度の変化が動的に表示される。

[0083] ボルト12-1、12-2・・・12-8の締付けが完了すれば（S205のYES）、締付け完了時の平行度の分布図形が座標上に表示され（S206）、この施工モニタリング処理を完了する。

[0084] 図6は、フランジ継手6に生じるフランジ6-1、6-2の平行度状態を表す分布図形を示している。

[0085] 平行度の分布図形の表示には、図6のAに示すように、センサー28-1、28-2、28-3、28-4の位置に対応する座標軸y11、y12、y13、y14が設定される。〔1〕、〔2〕、〔3〕、〔4〕はセンサー番号であり、隙間の検出位置を示している。各座標軸y11、y12、y13、y14には隙間をプロットするスケールが付されている。同一スケールを結び、座標軸xが表示されている。

[0086] 図6のAに示すように、座標軸y11、y12、y13、y14に検出された隙間D1、D2、D3、D4がプロットされている。D1≒D2≒D3≒D4であるから、分布図形26-3はほぼ正方形を示している。つまり、図6のAに示す状態では、許容される平行度が得られている。

[0087] これに対し、図6のBに示す状態では、D1<D2≒D3≒D4であり、分布図形26-3はひずみ図形となっている。つまり、図6のBに示す状態では、平行度が得られていない。

[0088] <実施例1の効果>

- [0089] この実施例 1 によれば、次のような効果が得られる。
- [0090] (1) 軸力のモニタリングから軸力が目標軸力の適正範囲にあっても、フランジ間の平行度が欠如して片締めが生じてしまうと、ガスケット面圧に偏りが生じるおそれがあるが、斯かる不都合を平行度モニタリングによって回避することができる。
- [0091] (2) 軸力のモニタリングから軸力が目標軸力の適正範囲にあっても、フランジ間の平行度が欠如すると片締めを生じることを作業者に平行度モニタリングで容易に認識させることができる。軸力によるフランジ間の各締め付け力が適正であっても、フランジ間の締め付け手順によってフランジ間の平行度が変化することを認識することができる。
- [0092] (3) 軸力モニタリングと平行度モニタリングにより、シール施工のスキルアップを図ることができる。

実施例 2

- [0093] 図 7 は、実施例 2 に係る施工モニタリングシステムを示している。この施工モニタリングシステム 30 は、既述のシール材の施工モニタリング装置を実習システムとして構成したものである。図 7 において、図 1 と同一部分には同一符号を付し、センサー 28-1、28-2、28-3 の記載を省略している。
- [0094] この施工モニタリングシステム 30 には第 1 および第 2 の架台 32、34 が備えられる。架台 32 は床 36 に強固に固定された固定架台である。架台 34 は、キャスター 38 により移動可能な可動台であり、架台 32 に対して床 36 上を所望の位置に移動させることができる。
- [0095] 架台 32 には既述のシール施工部 4 が搭載され、各センサー 18-1、18-2・・・18-8（図 1）のケーブル 40 が架台 32 内を通過させて台座 42 側の側面部から引き出され、架台 34 側に導かれている。この例では、架台 32 側に既述の配管 10-2 が備えられる。
- [0096] 架台 34 には棚 44 側にデータロガー 46 およびパーソナルコンピュータ（PC）48 が設置され、天板 50 にモニター 24 が設置されている。デー

タロガー４６が既述のデータ集積部２０の一例であり、ＰＣ４８は既述の情報生成部２２の一例である。データロガー４６には、センサー群１８側のケーブル４０が接続されており、各センサー１８－１、１８－２・・・１８－８のセンサー出力が取り込まれる。データロガー４６およびＰＣ４８間はケーブル５２によって接続され、両者間のデータの送受が可能である。

[0097] 締付け工具１６を操作する実習者５４は、架台３２に対して架台３４を移動させ、モニター２４の画面５６を視認可能な配置にすれば、各ボルト１２－１、１２－２・・・１２－８に加えたトルクＴによって変化する検出軸力Ｆの分布図形２６－２などを画像から容易に確認でき、その確認とともに施工が可能である。

[0098] <センサー１８－１、１８－２・・・１８－８>

[0099] 図８は、ひずみゲージを備えるボルトを示している。ボルト本体５８の内部にはひずみゲージ６０が備えられる。このひずみゲージ６０は、センサー１８－１、１８－２・・・１８－８の一例であり、ボルト１２－１、１２－２・・・１２－８に加えられるトルクＴによるボルト本体５８のひずみを検出し、このひずみが軸力Ｆを表す。ひずみゲージ６０にはケーブル４０が接続され、このケーブル４０を通して検出軸力Ｆがセンサー出力として取り出される。

[0100] <ＰＣ４８>

[0101] 図９は、この施工モニタリングシステム３０の構成例を示している。ＰＣ４８には、プロセッサ６２、記憶部６４、入出力部（Ｉ／Ｏ）６６、通信部６８、操作入力部７０が備えられる。

[0102] プロセッサ６２は、記憶部６４にあるＯＳ（Operating System）や施工モニタリングプログラムなどの各種のコンピュータプログラムなどの情報処理を実行する。この情報処理には既述の処理ａ）ないしｅ）を含む処理の他、締付け力の演算、施工履歴の記録、モニター２４の制御、施工のモニタリングないし施工管理など、コンピュータでの可能な各種の処理が含まれる。

[0103] 記憶部６４には記憶デバイスとしてたとえば、ＲＯＭ（Read-Only Memory

）およびＲＡＭ（Random-Access Memory）が備えられ、ＲＯＭにはＯＳやモニタリングプログラムが格納される。この記憶部６４には検出情報や作図情報などを格納するデータベース（ＤＢ）７２が構築され、ＤＢ７２にはデータロガー４６から取り込まれる検出情報が格納される。検出情報には、センサー群１８、２８の各センサー出力が含まれる。

[0104] １／Ｏ６６はモニター２４との画像データの送受に用いられる。通信部６８にはケーブル５２によりデータロガー４６が接続されている。

[0105] 操作入力部７０はたとえば、キーボードやマウスなどの入力機器で構成され、画面操作や情報入力に用いられる。

[0106] <締付け手順>

[0107] 図１０は、ガスケット８の締付け手順を示している。締付けに先立ち、施工条件を入力する（Ｓ３０１）。この施工条件はガスケット８の選択や締付け力の大きさの前提情報である。

[0108] この施工条件に合致するガスケット８の選定を行う（Ｓ３０２）。このガスケット８の選定は、フランジ６－１、６－２間のシールの目標に合致するガスケット８を選定することであり、ガスケット選定にミスが生じると、締付け手順やアライメントが適正であっても、適正なシール状態が得られない。

[0109] 締付け管理の有無を選択する（Ｓ３０３）。締付け管理は、締付け工具１６、付与する締付け力、締付けの手順を管理することである。具体的には、少なくとも、

h) 適正な締付け工具１６を選定すること

i) 適正な締付け工具１６でシールに必要な締付け力を得ること

j) 正しい手順で締付けを行うこと

が必要である。したがって、締付け管理を有りとする場合にはこれらを充足させ、締付け管理の「無し」ではこれらを充足しないかまたは施工者の自由に任せることである。

[0110] 締付け管理有り（Ｓ３０３のＹＥＳ）では、施工条件に応じた締付け力の

計算を行う（S 3 0 4）。この締付け力は、ガスケット締付け力（全荷重）、締付けトルク、ボルト直径、推奨締付け面圧、ガスケット接触面積、トルク係数、ボルト本数などを用いて計算すればよい。

[0111] ガスケット締付け力を W 、推奨締付け面圧を σ_g 、ガスケット接触面積を A_g とすれば、ガスケット締付け力 W は、

$$W = \sigma_g \times A_g \quad \dots (10)$$

となる。ガスケット接触面積 A_g は、ガスケット8の接触外径および接触内径から、

$$A_g = (\pi / 4) \times \{ (\text{接触外径})^2 - (\text{接触内径})^2 \} \quad \dots (11)$$

である。ガスケット締付け力 W 、締付けトルクを T 〔N・m〕、トルク係数（0. 2）を k 、おねじの外径（m）を d 、ボルト本数を b_n とすれば、締付けトルク T は、

$$T = k \times W \times d / b_n \quad \dots (12)$$

で与えられる。

[0112] 斯かる計算結果の後、締付け工具1 6や締付け手順の指定を行い（S 3 0 5）、指定された締付け工具1 6および締付け手順により締付けを行う（S 3 0 6）。この締付けは所定の締付け手順、たとえばJ I S (Japanese Industrial Standards: 日本工業規格)や、A S M E (American Society of Mechanical Engineers: アメリカ機械学会)の規格に準拠したで締付け手順でよく、この手順には締付け順序の周回方向、周回数およびフランジ間のノギスによる計測などが含まれる。

[0113] 各ボルト1 2-1、1 2-2・・・1 2-8に仮締めされたナット1 4に締付け工具1 6を当て、締付け工具1 6からトルク T を付与して適正な締付け力を加える。この締付け力は、各ボルト1 2-1、1 2-2・・・1 2-8からフランジ6-1、6-2へ伝達される。

[0114] 各ボルト1 2-1、1 2-2・・・1 2-8の軸力 F により、フランジ6-1、6-2には弾性相互作用を生じる。弾性相互作用は、たとえば、ボルト1 2-1を締め付けると、このボルト1 2-1を挟んで隣接する各ボルト

12-2、12-8に緩みが生じ、各ボルト12-2、12-8側の締付け力が低下する現象である。

[0115] この締付け中、施工モニタリング処理が行われる(S307)。この施工モニタリング処理では座標上に検出軸力の分布図形が動的に表示される。

[0116] 施工モニタリング処理において、締付けが完了したかが判断される(S308)。締付けを継続する場合には(S308のNO)、S306ないしS308のステップが繰り返され、締付け完了であれば(S308のYES)、この処理が終了する。

[0117] S303において、締付け管理が「無し」であれば(S303のNO)、S304～S308に代わる施工となる。つまり、施工を実習者の自由に任し、実習者の勘を頼りに任意の締付け工具16および締付け手順により締付けを行う(S309)。この締付け状態は、S307と同様に施工モニタリングが実行され(S310)、実習者の意思で施工終了となる。

[0118] <施工モニタリング>

[0119] 図11は、図10に示すシール施工のS307の施工モニタリング処理の処理手順を示している。この処理手順は、コンピュータで実行されるプログラムの実行手順の一例であるとともに、本発明に係るシール材の施工モニタリング方法の一例でもある。

[0120] シール材の施工には仮締めおよび本締めの工程が含まれる。仮締めは本締めの前に実行される処理であり、ボルト12-1、12-2・・・12-8に対するナット14の取付け、アライメント調整、ナット14の本締め前の締付けなどが含まれる。アライメント調整にはガスケット8やボルト12-1、12-2・・・12-8の位置設定が含まれる。本締めは、締付け工具16によりトルクTをボルト12-1、12-2・・・12-8に付与して段階的に目標軸力(目標締付け力)に到達させる。

[0121] この施工モニタリングの処理では、プロセッサ62がプログラムの実行により、センサー群18から各検出軸力を取込み(S401)、検出軸力Fおよび目標軸力Frefの図形化処理を行う(S402)。

- [0122] プロセッサ 6 2 の制御により、モニター 2 4 には座標上に目標軸力 F_{ref} の分布図形 2 6 - 1 とともに、検出軸力 F の分布図形 2 6 - 2 を動的に表示する (S 4 0 3)。
- [0123] この検出軸力 F などの図形化処理および締付け施工中、締付け処理が所定の周回数に到達したかを監視する (S 4 0 4)。所定の周回数たとえば、周回数 4 ~ 6 に到達していなければ (S 4 0 4 の NO)、S 4 0 1 ~ S 4 0 4 を継続的に実行する。そして、締付け処理が所定の周回数に到達すれば (S 4 0 4 の YES)、シール施工の完了とし (S 4 0 5)、この処理を終了する。
- [0124] <軸力テーブル 7 4>
- [0125] 図 1 2 は、軸力テーブル 7 4 を示している。施工モニタリングシステム 3 0 には、締付けの周回数および検出軸力を記録する軸力テーブル 7 4 が備えられる。この軸力テーブル 7 4 は DB 7 2 に含まれる。
- [0126] この軸力テーブル 7 4 には周回数と、各センサー 1 8 - 1、1 8 - 2 . . . 1 8 - 8 . . . の検出軸力 F が格納される。周回数とは、所定の手順でボルト 1 2 - 1、1 2 - 2 . . . 1 2 - 8 の総てを締付ける一巡操作を 1 回とし、これを複数の周回数たとえば、4 ~ 6 である。周回毎に所定のタイミングでセンサー群 1 8 から各検出軸力の取込みが行われる。たとえば、周回数 1 において、センサー 1 8 - 1 から所定のタイミングで検出軸力 F_{1101} 、 F_{1102} . . . 、センサー 1 8 - 2 から同一タイミングで検出軸力 F_{2101} 、 F_{2102} . . . が取り込まれ、以下同様の処理となる。取り込まれた検出軸力 F は軸力テーブル 7 4 に格納され、作図情報の処理に用いられる。
- [0127] <平行度テーブル 7 6>
- [0128] 図 1 3 は、平行度テーブル 7 6 を示している。施工モニタリングシステム 3 0 では、検出平行度を格納する平行度テーブル 7 6 が備えられる。この平行度テーブル 7 6 は DB 7 2 に含まれる。
- [0129] この平行度テーブル 7 6 には周回数と、各センサー 2 8 - 1、2 8 - 2、

28-3、28-4で検出されたフランジ間の隙間寸法が格納される。周回毎に所定のタイミングでセンサー群28から検出された各隙間寸法の取込みが行われる。たとえば、周回数1において、センサー28-1から所定のタイミングで隙間寸法D1101、D1102、D1103、D1104が取り込まれ、センサー28-2から同一タイミングで隙間寸法D2101、D2102・・・が取り込まれ、以下同様の処理となる。取り込まれた隙間寸法Dは平行度テーブル76に格納され、フランジ間の平行度の判定およびその表示に用いられる。

[0130] <目標軸力および検出軸力の分布図形の生成および締付け力の加減操作>

[0131] 図14のAは、目標軸力および初期の検出軸力の各分布図形を示している。施工モニタリング処理の開始時点では、座標上に目標軸力F_{ref}の分布図形26-1が表示され、これに重ねてたとえば、仮締め状態の検出軸力Fの分布図形26-2が表示される。この時点では、検出軸力Fが小さく、0点の近傍にあり、目標軸力F_{ref}の分布図形26-1より遙に狭い面積で分布図形26-2が表示される。つまり、これにより、検出軸力Fが小さいことを認識することができる。

[0132] 図14のBは、目標軸力および中期の検出軸力の各分布図形を示している。締付けの周回数が増加すれば、検出軸力Fが大きくなり、それに連れて分布図形26-2が拡大する。この時点では、0点側から目標軸力F_{ref}の分布図形26-1に近づいてはいるが、分布図形26-1の目標軸力F_{ref}より検出軸力Fが小さく、狭い面積で分布図形26-2が表示される。この時点でも検出軸力Fが不足していることを把握できる。そして、座標軸y4では、同一スケール上から検出軸力F4が突出している。この突出状態から他の軸力Fに対して検出軸力F4による締付けが大きいことを把握できる。

[0133] 図14のCは、目標軸力および終期の検出軸力の各分布図形を示している。締付けの周回数が最終回に到達し、検出軸力Fが目標軸力F_{ref}に一致またはその近傍範囲に到達している。つまり、検出軸力Fの分布図形26-

2は、目標軸力 F_{ref} の分布図形26-1と一致図形ないし相似形となっており、これにより、必要なシール状態ないしは理想的なシール状態が得られる。

[0134] <軸力の調整>

[0135] 図15のAは、検出軸力 F が目標軸力 F_{ref} に近づいた状態を示している。座標軸 y_1 のボルト12-1では、検出軸力 F_1 が目標軸力 F_{ref} に到達している。これに対し、座標軸 y_2 のボルト12-2では軸力 F_2 が不足している。

[0136] この状態から、ボルト12-2の軸力 F_2 を増加させると、ボルト12-2を挟むボルト12-1、12-3側では弾性相互作用を受けて緩みが生じ、図15のBに示すように、軸力 F_1 、 F_3 が減少する。この状態から、検出軸力 F_1 、 F_3 を目標軸力 F_{1ref} 、 F_{3ref} に到達させるには、軸力 F_1 、 F_3 を増加させ、ボルト12-2の軸力 F_2 を減少させるなどの増減処理を行うことが必要である。

[0137] <実施例2の効果>

[0138] この実施例2によれば、次のような効果が得られる。

[0139] (1) 締付け工具16にたとえば、トルクレンチを用いた場合、締付け力にある程度のバラツキが生じる。各ボルト12-1、12-2・・・12-8の締付けにはJIS規格などで規定された所定の締付け手順があり、この手順を無視しまたはその手順を誤まれば、ミスアライメントが生じていわゆる片締め状態を生じさせる。このような観点に立ち、適正なシールを達成し、締付け効率を高めるためには、各ボルト12-1、12-2・・・12-8に付与される軸力 F をリアルタイムでモニタリングし、適正な締付けに必要な施工スキルを達成することが必要である。また、熟練者であっても、技能を確認し、くせなどを矯正し、より高いスキルアップを図ることが求められる。適正な軸力 F の付与による締付け、適正な手順を踏むことを条件に、シールが完成する。適正な手順、適正な締付け力、締付け不足や締付け過多を防止し、締付け不良の防止を図ることにより、フランジ6-1、6-2間の

ガスケット 8 に適正な締付け力が付与され、フランジ 6-1、6-2 間の隙間をガスケット 8 で埋めて適正なシールを達成できる。

- [0140] (2) この施工モニタリングシステム 30 によれば、作業者の締付けと部材に作用する締付け力との関係を視覚的に認識することができる。
- [0141] (3) 作業者によって締め付けられるボルトの締付け状態を視認でき、作業者の締付け感覚を補助し、矯正することができる。
- [0142] (4) 配管接続部のボルト締付けの実習システムに利用し、作業者の施工訓練に利用できる。
- [0143] (5) この施工モニタリングシステム 30 を用いれば、作業者の施工能力の向上に寄与することができる。
- [0144] (6) 施工に影響されることなく、締付けに供されるシールなどの部材の機能を発揮させることができ、施工の信頼性を高めることができる。

実施例 3

- [0145] 図 16 の A は、実施例 3 に係るガスケット 8 毎の目標軸力の設定の処理手順を示している。この処理手順では、ガスケット 8 の選定 (S501) に基づき、目標軸力を算出する (S502)。この目標軸力を表す分布図形を座標上に表示する (S503)。
- [0146] 図 16 の B は、座標上に表示される、ガスケット 8 に応じた目標軸力を表す分布図形を示している。分布図形 26-11 は例えば、ガスケット 8-1 に対する目標軸力を示し、分布図形 26-12 は例えば、ガスケット 8-2 に対する目標軸力を示し、また、分布図形 26-13 は例えば、ガスケット 8-3 に対する目標軸力を示している。
- [0147] このように選択されるガスケット 8 毎に適正な目標軸力の算出とともに、座標上に分布図形を表示すれば、ガスケット 8 の選択に応じて必要な締付け力を容易に実現することができる。目標軸力や目標締付け力はガスケット 8 や、ボルト 12 によって異なるが、この締付け力の算出にはたとえば、ガスケットの推奨締付け面圧、ボルトの寸法情報を用いて締付けトルクを計算する公知のシステムを用いてよい。

実施例 4

- [0148] 図 1 7 は、実施例 4 に係るボルトの締付け手順表示を示している。
- [0149] フランジ継手 6 に周回上に配置された複数のボルトには仮締めおよび本締めに一定の手順で行うことが必要である。
- [0150] 例えば、図 1 7 の A に示すように、締付けを終了したボルト 1 2 - 8 から次の締付けを行うボルト 1 2 - 1 に締付けマーク 7 8 を移動させ、締付けが到来しているボルト 1 2 - 1 を示唆する。
- [0151] この場合、図 1 7 の B に示すように、直前に締付けを終了したボルト 1 2 - 1 には締付け終了表示として締付けマーク 7 8 をたとえば、破線表示とし、次の締付けを行うボルト 1 2 - 2 に締付けマーク 7 8 を移動させ、その手順を示唆してもよい。
- [0152] このように、手順表示に従って締付けを行わせることにより、ミスアライメントを防止でき、片締めが生じるのを防止できる。信頼性のある施工やスキルアップを高めることができる。締付けマーク 7 8 に代え、締付けが到来するボルト番号を他のボルト番号と異なる着色表示や点滅表示としてもよい。

実施例 5

- [0153] 図 1 8 は、実施例 5 に係る検出軸力を判定する処理手順を示している。この処理手順は、P C 4 8 で実行されるコンピュータプログラムの一例である。
- [0154] この処理手順では、選定されたガスケット 8 に必要な面圧に対する目標軸力を算出し (S 6 0 1)、この目標軸力と検出軸力とを比較する (S 6 0 2)。
- [0155] 検出軸力 F が目標軸力 F_{ref} の許容範囲たとえば、 ± 15 [%] にあるかを判定する (S 6 0 3)。検出軸力 F が目標軸力 F_{ref} の許容範囲にあれば (S 6 0 3 の YES)、その判定結果として軸力は合格とし (S 6 0 4)、検出軸力 F が目標軸力 F_{ref} の許容範囲外であれば (S 6 0 3 の NO)、その判定結果として軸力は不合格とする (S 6 0 5)。

[0156] この個別の判定結果を用いて総合評価を行う（S 6 0 6）。この総合評価では個別評価の全部が合格であれば合格とし、そのひとつでも不合格があれば不合格とし、この判定結果をモニター 2 4 に表示し、合否判定を告知する（S 6 0 7）。

[0157] 図 1 9 の A は、評価対象として座標上に表示された検出軸力 F の分布図形 2 6 - 2 を示している。この例では、軸力 F_3 、 F_7 が目標軸力 $F_{3\text{ref}}$ 、 $F_{7\text{ref}}$ より小さく、軸力 F_6 が目標軸力 $F_{6\text{ref}}$ より大きいことが分かる。

[0158] 図 1 9 の B は、評価テーブルの一例を示している。この評価テーブル 8 0 には目標軸力欄、許容範囲欄、検出軸力欄、個別評価欄および総合評価欄が設定されている。目標軸力 = $F_{\text{ref}} = 30$ [kN]、軸力の許容範囲 = $F_{\text{ref}} \pm 15$ [%] = 25.5 [kN] ~ 34.5 [kN] が格納されている。検出軸力欄にはセンサー群 1 8 のセンサー出力、ボルト毎の検出軸力が格納される。

[0159] この例では、ボルト 1 2 - 1、1 2 - 2、1 2 - 4、1 2 - 5、1 2 - 8 の各軸力 F_1 、 F_2 、 F_4 、 F_5 、 F_8 が許容範囲内であり、ボルト 1 2 - 3、1 2 - 6、1 2 - 7 の各軸力 F_3 、 F_6 、 F_7 が許容範囲外である。したがって、個別評価では、許容範囲内にある軸力 F_1 、 F_2 、 F_4 、 F_5 、 F_8 が合格、許容範囲外の軸力 F_3 、 F_6 、 F_7 が不合格である。よって、総合評価は不合格である。

[0160] これらは、評価テーブル 8 0 に格納されるとともに、モニター 2 4 に表示されて作業者に告知される。「不合格」の軸力に対しては、赤色や赤色点滅などのアラート表示としてもよいし、「合格」の軸力に対しては、緑色などの安全なシールが達成されていることを表示してもよい。

[0161] このように目標軸力に対する検出軸力の相違がシールの信頼性を損なうことを告知でき、適正なシール施工を推進することができる。

実施例 6

[0162] 図 2 0 は、実施例 6 に係る締付け順序の合否を判定する処理手順を示して

いる。この処理手順は、PC 48で実行されるコンピュータプログラムによって実現される処理、または、施工モニタリング方法の一例を示している。

[0163] この処理手順では、フランジ6-1、6-2間の締付けを契機にし（S701）、締付けの順序を検出する（S702）。この順序はたとえば、検出軸力の変化およびその推移、締付け位置の移動情報から検出または判定すればよい。検出された順序が締付け基準である所定の手順に合致しているか否かを判断する（S703）。所定の締付け基準として締付け手順は既述したたとえば、JISや、ASMEの規格に準拠すればよい。

[0164] 検出された手順が所定の締付け手順に合致していれば（S703のYES）モニター24に合格表示を行う（S704）。この合格表示は、軸力の分布図形とともに表示すればよい。

[0165] 検出された手順が所定の締付け手順に合致していなければ（S703のNO）モニター24にエラー表示を行う（S705）。このエラー表示は、同様に軸力の分布図形とともに表示すればよい。

[0166] このように締付け順序を所定の締付け手順との比較で判定すれば、手順通りに締付けが行われない場合に生じる片締めを防止し、漏洩リスクを軽減できる。しかも、合格表示やエラー表示を既述の軸力の分布図形と合わせて表示すれば、検出軸力が目標軸力に一致していても手順が適正でなければ片締めによる漏洩リスクが高くなることを作業者に習熟させることができる。

実施例 7

[0167] 上記実施例では、シール施工部4のフランジ継手6を定位置に固定しているが、フランジ継手6は任意の位置に自由に変更してよく、図21のAに示すように、フランジ継手6の位置をたとえば、水平方向に変更してもよい。フランジ継手6の位置を任意に変更可能にすれば、実際の作業環境を模擬すれば、体勢が異なる場合にも適切に締付けを行うことを訓練できる。また、作業環境や作業者の体勢によって締付け力にばらつきが生じ、これがシール性能を低下させることを理解させることができる。

[0168] 上記実施例では、シール施工部4に単一のフランジ継手6を備えているが

、図 21 の B に示すように、架台 32 の頂部に第 1 のシール施工部 4-1、中途部に第 2 のシール施工部 4-2 を備えてもよい。図 21 において、図 1、図 7 と同一部分には同一符号を付してある。シール施工部 4-1 ではたとえば、8 本のボルトで締め付けるフランジ継手 6A を備え、シール施工部 4-2 ではたとえば、12 本のボルトで締め付ける径大なフランジ継手 6B を備えている。このようにフランジ継手を複合化すれば、ほぼ同位置で条件の異なる施工を行うことができる。

[0169] 〔他の実施の形態〕

[0170] (1) 情報生成部 22 でたとえば、軸力の増減などから、各ボルトの締付け手順を判定し、該判定結果をモニター 24 に提示してもよい。締付け手順は JIS や ASME であるが、手順通りに締付けが行われないと片締めを生じ、液体やガスの漏洩のリスクが高くなるので、画面上にエラー表示やアラート表示をして作業者に告知すればよい。

[0171] (2) 実施例 2 では、軸力を検出する第 1 のセンサー 18-1、18-2、
・ ・ 18-8、平行度を検出する第 2 のセンサー 28-1、28-2、28-3、28-4 の双方を備えているが、いずれか一方のみを備え、検出軸力を表す分布図形、または平行度を表す分布図形のいずれか一方を生成する構成としてもよい。

(3) 上記実施例では第 1 の分布図形および第 2 の分布図形を共通の座標上に表示しているが、各分布図形を個別の座標に表示してもよいし、各分布図形内のエリアを異なる着色を付し、着色で識別可能にしてもよい。

[0172] (4) 以上説明したように、本発明の最も好ましい実施の形態や実施例について説明した。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または実施例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

[0173] 本発明によれば、シール材の施工モニタリングをリアルタイムで行うこと

ができ、目標軸力と対比可能に軸力分布、フランジ継手の平行度を表す分布図形をモニターに表示し、その表示内容を確認して施工でき、その施工結果を評価し、施工のスキルアップを図ることができる。

符号の説明

- [0174] 2 施工モニタリング装置
- 4 シール施工部
- 4－1 第1のシール施工部
- 4－2 第2のシール施工部
- 6 フランジ継手
- 6－1、6－2 フランジ
- 8 ガスケット
- 10－1、10－2 配管
- 12－1、12－2・・・12－8 ボルト
- 14 ナット
- 16 締付け工具
- 18 第1のセンサー群
- 28 第2のセンサー群
- 18－1、18－2・・・18－8 センサー
- 28－1、28－2・・・28－4 センサー
- 20 データ集積部
- 22 情報生成部
- 24 モニター
- 26－1 第1の分布図形
- 26－2 第2の分布図形
- 26－3 第3の分布図形
- 30 施工モニタリングシステム
- 32 架台
- 34 架台

- 3 6 床
- 3 8 キャスター
- 4 0 ケーブル
- 4 2 台座
- 4 4 棚
- 4 6 データロガー
- 4 8 P C
- 5 0 天板
- 5 2 ケーブル
- 5 4 実習者
- 5 6 画面
- 5 8 ボルト本体
- 6 0 ひずみゲージ
- 6 2 プロセッサ
- 6 4 記憶部
- 6 6 入出力部 (I / O)
- 6 8 通信部
- 7 0 操作入力部
- 7 2 D B
- 7 4 軸力テーブル
- 7 6 平行度テーブル
- 7 8 締付けマーク
- 8 0 評価テーブル