

明 細 書

発明の名称：

形状測定方法、形状測定装置、機械式継手の測定方法、機械式継手の計測システム、計測端末、機械式継手の製造方法、機械式継手の品質管理方法

技術分野

[0001] 本発明は、管を接合する管の継手構造における、形状測定方法、形状測定装置、機械式継手の測定方法、機械式継手の計測システム、計測端末、機械式継手の製造方法、機械式継手の品質管理方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、構造物の基礎や地滑りの抑止などに利用される管による構造体は、施工の条件により必要な長さが数十mに及ぶ場合がある。特に、鋼材で作られた鋼管はその傾向が顕著である。これら管による構造体を施工現場まで搬送する際は、交通制限により長尺のものを搬送できない。そのため、搬送可能な長さである数mごとに運び、施工現場において施工（打設を含む）途中で接合される。

[0003] 管による構造体を施工現場で接合する方法として、機械式継手が用いられ、例として特許文献1に開示されたような機械式継手が利用される。機械式継手は接合対象となる管のそれぞれの端部に取り付けられ、施工現場で接合させることによって管を接合して管による構造体を施工する。

[0004] 一般的に機械式継手はあらかじめ工場にて、雄継手を一方の管に、雌継手をもう一方の別の管に取り付けし、現場へと出荷する。製造手順としてはいくつかが方法があるが、雄継手と雌継手がセットとなるように製造されることが多い。製造後には、これら継手の組の使用用途により、長尺な管の先端に取り付けられる場合もある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開平10-311028号公報

特許文献2：特開 2 0 1 7 － 3 6 5 7 4 号公報

特許文献3：特開 2 0 1 6 － 1 5 3 5 7 9 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 機械式継手は、雄継手と組になる雌継手の互いに対応する凹凸形状により接合可否が決定されるため、通常は使用前に接合確認が行われる。しかしながら、機械式継手の条件、特に、機械式継手が大径であったり、機械式継手が接続されている管が長尺であったり、機械式継手または接続されている管の材質が鋼などの金属材料からなる重量物であったりすると、接合確認は困難になる。この場合、接合確認に大幅な手間や、継手自体の破損や、安全の確保に関する懸念などが生じるという問題がある。

[0007] 特に、機械式継手の場合、雄継手と雌継手とが外れた状態（雄継手を雌継手に嵌合させる直前の状態を含む）の接合開始位置から、雄継手と雌継手との接合が完了している状態の接合完了位置までの間に、雄継手の凹凸形状と雌継手の凹凸形状との間で嵌合の際に干渉する凹凸形状（嵌合干渉形状）が存在する可能性がある。雄継手の凹凸形状と雌継手の凹凸形状との間に嵌合障害形状が存在すると、継手の接続工程が中断する可能性が生じる。そのため、機械式継手において、接合可能な凹凸形状であるか否かを、現場において使用前に、機械式継手または接続されている管の状態に関わらずより簡便に把握可能な技術が求められていた。

[0008] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、その目的は、機械式継手における接合確認を、機械式継手または接続されている管の状態に関わらずより簡便に行うことができる、形状測定方法、形状測定装置、機械式継手の測定方法、機械式継手の計測システム、計測端末、機械式継手の製造方法、機械式継手の品質管理方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] （１）上述した課題を解決し、上記目的を達成するために、本発明の一態様に係る形状測定方法は、雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する

機械式継手の組に対して前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する形状測定方法であって、前記雄継手と前記雌継手とのそれぞれの凹凸形状のデータに基づいて、前記雄継手と前記雌継手との接合が完了した接合完了状態を設定する接合完了状態設定ステップと、前記接合完了状態において、前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部に対応する前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する干渉解析ステップと、を備える。

[0010] (2) 本発明の一態様に係る形状測定方法は、(1)に記載の発明において、前記干渉解析ステップにおいて測定された干渉レベルに基づいて、前記機械式継手の組に関して合否を判定するステップと、前記干渉解析ステップにおいて測定された干渉レベルに基づいて干渉部分と判定された箇所に対して、前記干渉部分の情報を付与する干渉情報付与ステップと、の少なくとも一方のステップを備える。

[0011] (3) 本発明の一態様に係る機械式継手の測定方法は、雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対し、前記雄継手の凹凸形状と前記雌継手の凹凸形状とをそれぞれ計測する形状計測工程と、前記形状計測工程において計測された凹凸形状のデータに基づいて、(1)または(2)に記載の発明による形状測定方法によって、前記機械式継手の組ごとに干渉レベルを解析する形状測定工程と、を備える。

[0012] (4) 本発明に係る機械式継手の製造方法は、雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組を製造する機械式継手の製造方法であって、機械式継手を製造する継手製造工程と、前記継手製造工程によって作成された雄継手と雌継手とを有する前記機械式継手の組に対し、(3)に記載の発明による機械式継手の測定方法を実行する継手計測工程と、を備える。

[0013] (5) 本発明の一態様に係る機械式継手の品質管理方法は、雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対する品質を管理する機械式継手の品質管理方法であって、前記機械式継手を製造する継手製造工

程と、前記継手製造工程によって作成された前記機械式継手の組に対して、
（３）に記載の発明による機械式継手の測定方法により前記機械式継手の凹凸形状を計測する継手計測工程と、前記継手計測工程から得られた結果を用いて、前記作成された機械式継手の品質を管理する品質管理工程と、を備える。

[0014] （６）本発明の一態様に係る形状測定装置は、雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対して前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する形状測定装置であって、前記雄継手および前記雌継手のそれぞれの凹凸形状のデータに基づいて、前記雄継手と前記雌継手との接合が完了した接合完了状態を設定する接合完了状態設定処理と、前記接合完了状態において、前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部に対応する前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する干渉解析処理と、を実行する制御部を備える。

[0015] （７）本発明の一態様に係る形状測定装置は、（６）に記載の発明において、さらに、通信部を備え、前記通信部は、前記制御部によって、前記雄継手および前記雌継手のそれぞれの凹凸形状のデータの取得処理と、前記干渉解析処理によって得られた干渉レベルに関する情報の出力処理との少なくとも一方を実行する。

[0016] （８）本発明の一態様に係る機械式継手の計測システムは、雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対して、前記雄継手の凹凸形状と前記雌継手の凹凸形状とのそれぞれを計測可能に構成された計測部と、前記計測部によって計測された前記凹凸形状のデータに基づいて、前記機械式継手の組ごとに干渉レベルを解析する、（６）または（７）に記載の発明による形状測定装置と、を備える。

[0017] （９）本発明の一態様に係る計測端末は、雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対して、前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析可能に構成され、制御部によって制御される計測端末であって、前記制御部の制御によって、前記雄継手の凹凸形

状と前記雌継手の凹凸形状とをそれぞれ計測する計測部と、前記制御部の制御によって、計測された前記凹凸形状をデータとして（６）または（７）に記載の発明による形状測定装置に出力する出力処理、および前記形状測定装置から、前記雄継手および前記雌継手の組ごとに前記干渉レベルに関する情報を取得する取得処理の少なくとも一方の処理を実行する、通信部と、前記制御部の制御によって、取得した前記情報を予め定められた形式によって出力可能な出力部と、を備える。

[0018] （１０）本発明の一態様に係る計測端末は、（９）に記載の発明において、前記制御部は、取得した前記干渉レベルに関する前記情報と所定の基準とに基づいて、前記機械式継手の組に関して合否を判定する処理と、取得した前記干渉レベルに関する前記情報と所定の基準とに基づいて干渉部分と判定された箇所に対して、前記干渉部分の情報を付与する干渉情報付与処理と、の少なくとも一方の処理を実行する。

[0019] （１１）本発明に係る機械式継手の計測システムは、（９）または（１０）に記載の発明による計測端末と、前記計測端末によって計測された凹凸形状のデータに基づいて、前記機械式継手の組ごとに干渉レベルを解析する（６）または（７）に記載の発明による形状測定装置と、を備える。

[0020] （１２）本発明の一態様に係る機械式継手の品質管理方法は、雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対する機械式継手の品質を管理する、機械式継手の品質管理方法であって、（６）または（７）に記載の発明による形状測定装置の制御部により実行される干渉解析処理から得られた干渉レベルに関する情報を用いて、前記機械式継手の組に対する品質を管理する。

発明の効果

[0021] 本発明に係る形状測定方法、形状測定装置、機械式継手の測定方法、機械式継手の計測システム、計測端末、機械式継手の製造方法、機械式継手の品質管理方法によれば、機械式継手における接合確認を、機械式継手または接続されている管の状態に関わらずより簡便に行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]図 1 は、本発明の一実施形態による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合開始状態を示す図である。

[図2]図 2 は、本発明の一実施形態による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合完了状態を示す図である。

[図3]図 3 は、本発明の一実施形態の第 1 例による機械式継手計測システムを示すブロック図である。

[図4]図 4 は、本発明の一実施形態の第 2 例による機械式継手計測システムを示すブロック図である。

[図5]図 5 は、本発明の一実施形態による機械式継手の測定方法を説明するためのフローチャートである。

[図6]図 6 は、本発明の一実施形態による形状測定工程を説明するためのフローチャートである。

[図7A]図 7 A は、本発明の一実施形態による形状測定方法における機械式継手の座標を説明するための図である。

[図7B]図 7 B は、本発明の一実施形態による形状測定方法における機械式継手の座標を説明するための図である。

[図7C]図 7 C は、本発明の一実施形態による形状測定方法における機械式継手の座標を説明するための図である。

[図8]図 8 は、本発明の一実施形態による機械式継手の接合部分を示す拡大断面図である。

[図9]図 9 は、本発明の一実施形態による機械式継手の接合部分における干渉部分を示す拡大断面図である。

[図10]図 1 0 は、本発明の一実施形態による機械式継手における荷重伝達キ一部分の干渉レベルが高い部分を示す拡大断面図である。

[図11]図 1 1 は、本発明の一実施形態による機械式継手における荷重伝達キ一部分の干渉レベルが高い部分を示す拡大断面図である。

[図12]図 1 2 は、本発明の一実施形態の第 1 変形例による機械式継手計測シ

ステムにおいて測定対象となる機械式継手の接合開始状態を示す図である。

[図13]図13は、本発明の一実施形態の第1変形例による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合完了状態を示す図である。

[図14]図14は、本発明の一実施形態の第1変形例における機械式継手の接合部分を示す拡大断面図である。

[図15]図15は、本発明の一実施形態の第1変形例における機械式継手の接合部分における干渉部分を示す拡大断面図である。

[図16]図16は、本発明の一実施形態の第2変形例による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合開始状態を示す図である。

[図17A]図17Aは、本発明の一実施形態の第2変形例による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合途中状態を示す図である。

[図17B]図17Bは、本発明の一実施形態の第2変形例による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合完了状態を示す図である。

[図18]図18は、本発明の一実施形態の第3変形例による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合開始状態を示す図である。

[図19]図19は、本発明の一実施形態の第3変形例による機械式継手計測システムにおいて測定対象となる機械式継手の接合完了状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。なお、以下の実施形態の全図においては、同一または対応する部分には同一の符号を付す。また、本発明は以下に説明する実施形態によって限定されるものではない。

[0024] まず、本発明の実施形態の機械式継手計測システムによる計測対象となる機械式継手について説明する。図1および図2はそれぞれ、本実施形態の形状測定システムにおいて測定対象（計測対象）となる機械式継手の接合開始状態および接合完了状態を示す図である。

[0025] (計測対象となる雄継手と雌継手)

図 1 に示すように、本実施形態による機械式継手 10 は、例えば管 15 と管 16 とを互いに連結させるための継手となり、互いに嵌合自在な外側のボックス継手となる雌継手 11 および内側のピン継手となる雄継手 12 とを有して構成される。なお、嵌合は必要に応じて接合と言い換えることもできる。

[0026] 図 1 に示すように、上側の管 15 の下端には雌継手 11 が溶接されて取り付けられている。また、下側の管 16 の上端には、雄継手 12 が溶接されて取り付けられている。雌継手 11 には、全周にわたって適宜分割された円弧状の荷重伝達キ一部 17 が取り付けられている。荷重伝達キ一部 17 は雌継手 11 の内周側に設けられた外嵌凸部 14 の間に設けられる。

[0027] 図 1 に示すように、雌継手 11 は、管 15 の外径とほぼ同径の外径を有する筒状に形成されている。雌継手 11 の内周は、雄継手 12 の嵌挿部の被嵌挿部となっている。雌継手 11 には、荷重伝達キ一部 17 の取り付け位置に対応して、外周上に適宜間隔で、ねじ孔 17a が設けられている。ねじ孔 17a は、雌継手 11 の外側から内側へ貫通している。

[0028] 雄継手 12 は筒状に形成され、管 16 の外径とほぼ同径の筒部に連続して、筒部よりも小径の嵌挿部が延設されている。嵌挿部の外周の基端側には、雌継手 11 の係合凸部が挿入される係合凹部が形成されている。嵌挿部の先端には、係合凸部が全周にわたって設けられている。さらに、雄継手 12 の嵌挿部の外周側における内嵌凸部 13 の間には、荷重伝達キ一部 17 がはめ込まれるキー溝 18 が全周にわたって設けられている。荷重伝達キ一部 17 がキー溝 18 にはめ込まれることにより、荷重伝達キ一部 17 を介して雌継手 11 と雄継手 12 とが結合される。これにより、図 2 に示すように、上下の管 15、16 が、縦方向に機械的に連結される。

[0029] 雌継手 11 には荷重伝達キ一部 17 が取り付けられ、荷重伝達キ一部 17 には、例えば六角穴付き植込みボルトからなる接合用ねじ 17b が設けられている。荷重伝達キ一部 17 においては、雌継手 11 のねじ孔 17a にねじ

止めして取り付けられる。ねじ止めにおいては、雌継手 1 1 および雄継手 1 2 をそれぞれ突き合わせて、雌継手 1 1 に雄継手 1 2 を挿入することにより、雌継手 1 1 と雄継手 1 2 とが縦方向に位置決めされ、荷重伝達キ一部 1 7 の先端が、雄継手 1 2 のキー溝 1 8 の入口に配置される。

[0030] その後、図 1 および図 2 に示すねじ孔 1 7 a の外側から、六角レンチなどによって接合用ねじ 1 7 b を回転させる。荷重伝達キ一部 1 7 は接合用ねじ 1 7 b の軸線に沿って前進されてキー溝 1 8 に進入する。これにより、雌継手 1 1 と雄継手 1 2 とが結合される。

[0031] 雌継手 1 1 と雄継手 1 2 とが結合された際の継ぎ目には、1 箇所または適宜周間隔で複数個所に、雌継手 1 1 と雄継手 1 2 の両方をまたぐ窪みが設けられ、雌継手 1 1 と雄継手 1 2 とが相対的に回転するのを抑止するための回転抑止キー 1 9 が取り付けられる。回転抑止キー 1 9 が雌継手 1 1 と雄継手 1 2 との両方をまたいで設けられることにより、雌継手 1 1 および雄継手 1 2、すなわち連結した上下の管 1 5、1 6 同士が、軸まわりに相対回転することが抑制される。

[0032] 管 1 5、1 6、雌継手 1 1、および雄継手 1 2 の材質は、特に限定されない。鋼、鋼以外の金属材料、コンクリート、樹脂、または複数の材料を組み合わせなどが挙げられる。機械式継手の材質は、使用目的や後述する管などの条件に応じて選択する。本発明は、700 mm 以上の大径であったり、機械式継手が接続されている管 1 5、1 6 の長さが 5 m 以上であったり、重量物であったりするために、工場出荷前の接合確認が困難である機械式継手 1 0 の場合に、特に効果的である。

[0033] 管 1 5、1 6 はそれぞれ、構造体を構成する。管 1 5 は上部構造体を構成する。管 1 6 は下部構造体を構成する。構造体としては、地面などに埋設された状態で所定の機能を有するものであったり、地上の構造体の一部として使用されるものであったり、管 1 5、1 6 の内部空間を利用するなどして気体や液体を輸送するものであったり、種々の構造体を採用可能である。地面に埋設された状態で所定の機能を有するものとしては例えば、杭、土留杭、

地すべり抑止杭、管矢板、矢板壁、トンネルなどを挙げるができる。地上の構造体の一部として使用されるものとしては例えば、柱や梁などを挙げるができる。管１５，１６の内部空間を利用して気体や液体を輸送するものとしては例えば、油井管、水道管、ガス管などを挙げるができる。また、管１５，１６としては、例えば鋼管、コンクリート管、樹脂管、または複数の材料を組み合わせた管などを挙げるができる。本発明において、管１５，１６が、大径、長尺、または重量物であることから、工場出荷前の接合確認が困難である機械式継手付き鋼管の場合に、特に効果的である。

[0034] 本実施形態においては、上側の管１５に外嵌凸部１４を有する雌継手１１が固定され、下側の管１６に内嵌凸部１３を有する雄継手１２が固定されている。また、上述とは反対に、雌継手１１を下側の管１６に固定し、雄継手１２を上側の管１５に固定するようにしても良い。また、管１５，１６を接続せずに、雌継手１１および雄継手１２のままで計測対象としても良い。

[0035] （実施形態の第１例）

次に、本発明の実施形態の第１例による機械式継手計測システムについて説明する。図３は、一実施形態による機械式継手計測システムを示すブロック図である。

[0036] 図３に示すように、機械式継手計測システム１は、形状測定装置２０および計測部３５を有して構成される。さらに形状測定装置２０は、凹凸加工装置４０と接続されている。機械式継手計測システム１は、形状測定装置２０および計測部３５と、凹凸加工装置４０とを有した構成を採用しても良い。また、一実施形態による機械式継手計測システム１は、形状測定装置２０を固定して使う場合を想定しているが、計測部３５と形状測定装置２０とは、近接した状態であっても、遠距離であっても可能である。

[0037] （形状測定装置）

形状測定装置２０は、形状測定装置２０は、制御部２１、記憶部２２、および入出力部２３を備える。なお、入出力部２３は設けないことも可能である。形状測定装置２０は、公知のコンピュータ、サーバ、ノートパソコン、

携帯端末、タブレット、スマートフォン、またはクラウドなどのネットワーク上の仮想装置などを使用可能である。

- [0038] 制御手段としての制御部 31 は、具体的に、ハードウェアを有する CPU (Central Processing Unit)、DSP (Digital Signal Processor)、FPGA (Field-Programmable Gate Array) などのプロセッサ、および RAM (Random Access Memory) や ROM (Read Only Memory) などの主記憶部 (いずれも図示せず) を備える。
- [0039] 記憶部 22 は、物理的には、RAM などの揮発性メモリ、ROM などの不揮発性メモリ、EPROM (Erasable Programmable ROM)、ハードディスクドライブ (HDD、Hard Disk Drive)、ソリッドステートドライブ (SSD、Solid State Drive)、およびリムーバブルメディアなどから選ばれた記憶媒体から構成される。なお、リムーバブルメディアは、例えば、USB (Universal Serial Bus) メモリ、または、CD (Compact Disc)、DVD (Digital Versatile Disc)、または BD (Blu-ray (登録商標) Disc) のようなディスク記録媒体である。また、外部から装着可能なメモリカードなどのコンピュータ読み取り可能な記録媒体を用いて記憶部 22 を構成しても良い。記憶部 22 には、形状測定装置 20 の動作を実行するための、オペレーティングシステム (Operating System: OS)、各種プログラム、各種テーブル、各種データベースなどが記憶可能である。各種プログラムには、学習モデルやニューラルネットワークも含まれる。これらの各種プログラムは、ハードディスク、フラッシュメモリ、CD-ROM、DVD-ROM、フレキシブルディスクなどのコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して広く流通させることも可能である。
- [0040] 記憶部 22 には、形状データベース 221 および管種データベース 222 が格納されている。管種データベース 222 には、基本情報として、機械式継手 10 を構成する雌継手 11 および雄継手 12 に関する各種情報 (管種情報) が検索可能に格納されている。なお、管種情報は、機械式継手 10 の識別 ID や、雌継手 11 および雄継手 12 の寸法 (径、凹凸寸法、凹凸ピッチ

、凹凸高さ、および長さなど）や、諸元などの情報を含む。形状データベース 221 は、管種情報に基づいた内嵌凸部 13 と外嵌凸部 14 とのクリアランスに関する情報や、後述する計測部 35 によって計測された、内嵌凸部 13 と外嵌凸部 14 との干渉レベルに関する計測結果の情報（以下、形状情報）が検索可能に格納されている。なお、形状情報としては、干渉レベルの計測結果の情報以外にも、干渉箇所を規定する干渉部分の情報としてのフラグの情報や、機械式継手 10 の組に対する合否（合格不合格）の情報などの、干渉に関連した種々の情報を含む。

[0041] 制御部 21 の形状演算部 211 は、計測部 35 によって計測された内嵌凸部 13 や外嵌凸部 14 の凹凸形状をデジタルデータとして、記憶部 22 の形状データベース 221 に格納可能に構成される。記憶部 22 は、制御部 21 とは異なる筐体に設けられたものであっても良く、外部記憶装置、ネットワーク上のクラウドなどの仮想記憶装置を利用できる。

[0042] 本実施形態において、制御部 21 は、記憶部 22 に記憶されたプログラムを主記憶部の作業領域にロードして実行し、プログラムの実行を通じて各構成部などを制御することで、所定の目的に合致した機能を実現できる。具体的に、制御部 21 は、プログラムの実行によって、形状演算部 211 および判定部 212 の機能を実現できる。

[0043] 入出力部 23 は、例えば、タッチパネルディスプレイ、スピーカマイクロホン、ボタン、スイッチ、ジョグダイヤルなどから構成される。出力部としての入出力部 23 は、制御部 21 による制御に従って、液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイ、またはプラズマディスプレイなどのディスプレイの画面上に、文字や図形などを表示したり、スピーカから音声を出力したりして、所定の情報を外部に通知するように構成される。入出力部 23 は、印刷用紙などに所定の情報を印刷することによって出力するプリンタを含む。記憶部 22 に格納された各種情報は、例えば所定の事務所などに設置された入出力部 23 のディスプレイなどで確認することができる。

[0044] 入力部としての入出力部 23 は、例えば、キーボードや入出力部 23 の内

部に組み込まれて表示パネルのタッチ操作を検出するタッチパネル式キーボード、外部との間の通話を可能とする音声入力デバイス、スイッチ、またはジョグダイヤルなどから選択されて構成される。入力手段としての入出力部23は、内嵌凸部13や外嵌凸部14の凹凸断面の形状を、出力手段としての入出力部23を用いて目視により測定した場合において、入出力部23から形状に関する測定値を形状情報として入力可能である。また、詳細は後述するが、内嵌凸部13と外嵌凸部14との間において、干渉のありなしに基づいてフラグを立てたり倒したりの入力を入出力部23から行うことも可能である。具体的に、内嵌凸部13と外嵌凸部14との間において干渉が存在した場合に「0」、干渉が存在しない場合に「1」を、入出力部23から入力したりするようにしても良い。

[0045] (計測部)

計測部35は、少なくとも1台の例えば、ハンディ型3Dスキャナなどから構成される。3Dスキャナとしては、例えばレーザ照射装置や赤外線照射装置などを採用できる。ハンディ型3Dスキャナは、機種に応じた焦点距離(例えば20cm~40cm)を維持しつつ操作する必要があることから、スキャン対象周辺は50cm以上の空間が確保することが望ましい。

[0046] 計測部35は、雌継手11と雄継手12との接合や嵌合の可否を判定する観点からは、計測精度は、所望とする干渉レベルの半分以下程度、具体的に例えば、干渉レベルが0.75mmの場合には、 $(0.75 / 2 =) 0.375$ mm以下程度にすることが好ましい。なお、計測精度としては、機械式継手10の大きさ、内嵌凸部13や外嵌凸部14の凹凸形状などに応じて種々設定され、これらの数値に限定されない。特に、機械式継手10は3次元形状であることから、凹凸部によって死角が生じやすいため、操作性の観点からハンディ型の計測機器である、例えばハンディ型3Dスキャナが望ましい。なお、通常、ハンディ型3Dスキャナの中でも高精度のタイプでは形状計測用のマーカーを対象物に10cm程度ごとに貼り付ける必要があったりする。これに対し、機械式継手10が大型になる場合には、効率性の観点か

ら形状計測用のマーカーの貼り付けが不要な、マーカーレスタイプのハンディ型3Dスキャナが望ましい。

[0047] 計測部35を構成するセンサは具体的に、例えばレーザ光などの所定の光の照射および反射によって、設置位置から対象物、例えば内嵌凸部13や外嵌凸部14の上面までの距離を計測可能である。計測部35は、計測位置から対象物の表面までの距離を2次元的な位置情報に関連付けて計測する、いわゆるセンシングを実行可能である。センシングとは、計測部35によって行われる各種計測を含む。2次元的な位置情報としては、 x y 平面による座標(x , y)や距離 r および変位角 θ における座標(r , θ)などを用いることができる。2次元的な位置情報に対応した距離の情報にも基づいて、内嵌凸部13や外嵌凸部14の表面の凹凸形状を3次元的に計測可能となる。

[0048] また、計測部35の機材を選定する際には、解像度は高精度であるほど好ましい。この場合、解像度は、雌継手11と雄継手12との接合の可否を判定に用いる干渉レベルに影響を与える凹凸形状を精度良く再現できる程度であれば良い。本実施形態においては、内嵌凸部13や外嵌凸部14の凹凸形状に局所的な凹凸が生じにくい場合もあることから、解像度は1mm程度以下であれば良いが、この数値に限定されるものではない。また、スキャンしたデータ上で雌継手11と雄継手12とを組み合わせる接合の可否に関する判定を行うことから、方向が一方向に定まらない対象物の場合、スキャンによって認識可能なマーカーや形状による目印を設けることによって、方向性を確保することが望ましい。

[0049] 計測部35は、センシングによって計測した凹凸形状の計測値を形状測定装置20に出力する。形状測定装置20の制御部21における形状演算部211は、取得した計測値を記憶部22の形状データベース221に格納する。

[0050] (凹凸加工装置)

凹凸加工装置40は、機械式継手10の内嵌凸部13や外嵌凸部14に対する調整工程用の装置である。凹凸加工装置40は、制御部41、記憶部4

2、入出力部43、および凹凸加工部45を備える。制御部41、記憶部42、および入出力部43はそれぞれ、機能的および物理的には、制御部21、記憶部22、および入出力部23と同様に構成される。凹凸加工装置40は、形状測定装置20に接続される。

[0051] 制御部41は、記憶部42に記憶されたプログラムを主記憶部の作業領域にロードして実行し、プログラムの実行を通じて各構成部などを制御することで、所定の目的に合致した機能を実現できる。具体的に、制御部41は、プログラムの実行によって加工制御部411の機能を実現できる。加工制御部411は、凹凸加工部45を制御可能に構成される。

[0052] 形状測定装置20の形状演算部211は、記憶部22に格納された形状データベース221から形状情報を読み出して、凹凸加工装置40に出力する。形状情報を取得した凹凸加工装置40は、取得した形状情報を少なくとも一時的に記憶部42に格納する。制御部41の加工制御部411は、オペレータなどから入出力部43を通じて内嵌凸部13や外嵌凸部14の干渉部分を修正する指示が入力された場合に、凹凸加工部45を制御することによって、取得した形状情報に基づいて干渉部分を修正する加工処理を実行する。なお、凹凸加工装置40は、形状測定装置20と一体に構成しても良い。さらに、凹凸加工装置40によって、機械式継手10の製造を行うことも可能である。以上により、実施形態の第1例による機械式継手計測システム1が構成される。

[0053] (実施形態の第2例)

次に、本発明の実施形態の第2例による機械式継手計測システムについて説明する。図4は、実施形態の第2例による機械式継手計測システムを示すブロック図である。図4に示すように、機械式継手計測システム1Aは、ネットワーク2を介して互いに通信可能な形状測定装置20および計測端末30Aを有して構成される。

[0054] ネットワーク2は例えば、インターネットなどの公衆通信網であって、例えばLAN (Local Area Network)、WAN (Wide Area Network)、携

帯電話などの電話通信網や公衆回線、VPN (Virtual Private Network)、および専用線などの一または複数の組み合わせからなる。ネットワーク 2 は、有線通信や無線通信が適宜組み合わせられている。

[0055] 機械式継手計測システム 1 A はさらに、ネットワーク 2 を介して少なくとも形状測定装置 20 と通信可能な、凹凸加工装置 40 と接続されていても良い。なお、機械式継手計測システム 1 A は、形状測定装置 20 および計測端末 30 A と、凹凸加工装置 40 とを有した構成を採用しても良い。

[0056] (形状測定装置)

形状測定装置 20 A は、制御部 21、記憶部 22、入出力部 23、および通信部 24 を備える。通信手段としての通信部 24 は、例えば、LAN (Local Area Network) インターフェイスボードや、無線通信のための無線通信回路などである。LAN インターフェイスボードや無線通信回路は、ネットワーク 2 に接続される。通信部 24 は、ネットワーク 2 に接続して、計測端末 30 A および凹凸加工装置 40 A との間で通信を行う。その他の構成は一実施形態における形状測定装置 20 と同様である。

[0057] (計測端末)

計測端末 30 A は、制御部 31、記憶部 32、入出力部 33、通信部 34、および計測部 35 を備える。制御部 31、記憶部 32、入出力部 33、および通信部 34 はそれぞれ、物理的および機能的には、上述した制御部 21、記憶部 22、入出力部 23、および通信部 24 と同様の構成を有する。

[0058] さらに、実施形態の第 2 例による計測端末 30 A における計測部 35 は、実施形態の第 1 例における計測部 35 と同様に構成される。制御部 31 は、記憶部 32 に記憶されたプログラムを主記憶部の作業領域にロードしてプログラムを実行することにより、所定の目的に合致した機能を実現できる。具体的に制御部 31 は、プログラムの実行によって計測制御部 311 の機能を実現できる。計測制御部 311 は、計測部 35 を制御可能に構成される。

[0059] (凹凸加工装置)

凹凸加工装置 40 A は、制御部 41、記憶部 42、入出力部 43、通信部

４４、および凹凸加工部４５を備える。通信手段としての通信部４４は、物理的および機能的には、上述した通信部２４と同様に構成され、ネットワーク２に接続される。通信部４４は、ネットワーク２に接続して、少なくとも形状測定装置２０Ａとの間で通信を行う。その他の構成は一実施形態における凹凸加工装置４０と同様である。以上により、実施形態の第２例による機械式継手計測システム１Ａが構成される。

[0060] （一実施形態）

（機械式継手の測定方法）

次に、以上のように構成された実施形態の第１例による機械式継手計測システム１、または第２例による機械式継手計測システム１Ａを用いた、機械式継手１０の計測方法について説明する。図５は、一実施形態による機械式継手１０の計測方法を示すフローチャートである。

[0061] （機械式継手の製造工程）

図５に示すように、まず、ステップＳＴ１において、凹凸加工装置４０によって継手製造工程を実行する。ステップＳＴ１においてはまず、熱処理によって鍛造リングを製造する。次に、切削刃を鍛造リングに当接させて切削することによって、継手に加工する。なお、切削刃の動きに関しては、所定のプログラムに従った加工制御部４１１の制御により自動で制御可能である。継手における凹凸形状を形成した後、実際に試接合を行って、雄継手１２と雌継手１１との到達線が合致するように接合する。ここで、開始線をマーキングすることはしないが、雄継手１２と雌継手１１とにおける到達線の軸が一致するようにして、接合を開始する。なお、必ずしも鍛造リングを用いる必要はなく、切削可能な板厚のある鋼管などを用いる場合もある。

[0062] （管接続工程）

次に、ステップＳＴ２に移行して、管接続工程を実行する。ステップＳＴ２においては、まず、ステップＳＴ１において行った機械式継手の接合を解除する。次に、雌継手１１および雄継手１２の一方の継手、ここでは例えば雌継手１１を横置き of 管に取り付ける。次に、横置き状態の雌継手付き管に

雄継手 1 2 の単体を試接合する。この試接合によって到達線に達するか否かを確認した後、接合を解除する。続いて、雌継手 1 1 および雄継手 1 2 の他方の継手、ここでは例えば雄継手 1 2 を横置きの管に取り付ける。

[0063] ここで、鋼製の機械式継手と管との組み合わせの場合は、この試接合によって、溶接による熱変形の影響を許容して、接合完了位置まで接合できるか確認する。なお、鋼製の機械式継手と管が管矢板との組み合わせの場合は、管を横につなぐ鋼製の連結継手を溶接した後、機械式継手を管に溶接する。ここで、機械式継手を溶接した後に、連結継手を溶接するようにしても良い。なお、このステップ S T 2 は実行しないことも可能である。

[0064] (機械式継手の測定方法)

ここで、本実施形態による機械式継手の測定方法について説明する。本実施形態においては、加工後の機械式継手の形状を計測する形状計測工程、および計測された機械式継手の形状に基づいて、機械式継手の組に対する形状測定工程を含む。これらの形状計測工程および形状測定工程は、機械式継手 1 0 が実際に使用される前に実行される。

[0065] (形状計測工程)

すなわち、ステップ S T 1 またはステップ S T 2 を実行後に、ステップ S T 3 に移行して形状計測工程を実行する。形状計測工程においては、まず、ステップ S T 1 において製造された 1 組の機械式継手 1 0 に対して、計測部 3 5 によって、雌継手 1 1 の外嵌凸部 1 4 および雄継手 1 2 の内嵌凸部 1 3 のそれぞれの凹凸形状を計測する。計測部 3 5 は、計測した凹凸形状の計測データを形状測定装置 2 0 に出力したり送信したりする（以下、送信という）。ここで、機械式継手 1 0 の形状計測工程において、計測部 3 5 を用いた凹凸形状の計測は、例えば計測部 3 5 から機械式継手（雌継手 1 1、雄継手 1 2）の表面までの距離を計測することによって行われる。

[0066] また、機械式継手 1 0 の形状測定工程において、凹凸形状は、機械式継手（雌継手 1 1、雄継手 1 2）を複数の視点から撮像して複数の画像データを取得し、取得した複数の画像を用いたフォトグラメトリによって測定するこ

とも可能である。具体的には、計測部35を構成するハンディ型3Dスキャナによって点群データを取得後、取得した点群データを、ポリゴン化（STL化、メッシュ化）して、対象物である機械式継手10の3次元計測を行うCAD系のソフトによって形状計測や仮想配置を実行する。ここで、仮想配置を実現するために例えば、形状を詳細に把握する場合に凹凸の頂点をデータ点にすることなどを実行することが好ましい。すなわち、凹凸の形状を計測するために、凹凸の頂点が点群データのデータ点に含まれることが好ましく、実際には、凹凸の頂点の曲率半径以下、例えば、解像度を0.5mm以下にすることが好ましい。

[0067] しかしながら、凹凸の形状として局所的なでっぱりなどが生じにくい場合もあり、接合性に影響を与える接触は凹凸表面の面的な接触であることを踏まえると、解像度1mm程度としても良い。また、例としてデータ点の精度の目安としてクリアランスの半分以下、具体的に例えば、クリアランスが0.75mmであれば0.375mm以下とすることにより、実用上十分な精度での判定ができる。

[0068] なお、3次元計測を行うCAD系のソフトを用い、雌継手11と雄継手12を剛体と見なし、接合判定を行うことから、クリアランスがある場合の合格判定は問題ないが、ある程度干渉する場合においても、継手の弾性体としての変形能力により嵌合できる場合もある。

[0069] 以上より、計測精度、局所的な接触の無視、摩擦抵抗、弾性変形量、使用条件（鉛直、水平、斜めなどの接合時の方向性や外気温）を考慮した判定基準値を設定することで、判定を高精度化できる。ここで、判定基準値は、必ずしも0を基準とする必要はなく、例えばデジタル上でのクリアランスが0.2mm（仮想干渉量0.2mm）を基準とし、嵌合可否を判定しても良い。また、計測精度によっては、クリアランスが正の値であっても干渉する場合もあり、適切な判定基準を設定することが望ましい。なお、クリアランスの正負は整理する方法にもよるため、負をクリアランスが存在している状態としても良い。

[0070] また、機械式継手 10 においては、必ずしも全体を計測する必要はなく、計測部 35 によって、雌継手 11 は外面側、雄継手 12 は内面側が計測されていれば良い。この場合、計測時間の短縮や計測データの容量を低減可能となる。また、取得した点群データを、ポリゴン化（STL 化、メッシュ化）する際は、所定の表面誤差（例えば 0.01 mm）の範囲内の点を省略し、データ容量の削減を行うこともできる。

[0071] （形状測定工程）

次にステップ ST4 に移行して、形状測定方法としての干渉解析工程について説明する。図 6 は、一実施形態による干渉解析方法を示すフローチャートである。なお、図 6 に示すフローチャートは、形状測定装置 20 により実行される。

[0072] （取得ステップ）

図 6 に示すように、一実施形態による形状測定方法においては、まず、取得ステップとしてのステップ ST411 において、形状測定装置 20 の制御部 21 は、計測部 35 から、計測データを取得する。計測データは、ステップ ST3 において計測部 35 によって計測された、雌継手 11 の外嵌凸部 14 の凹凸形状および雄継手 12 の内嵌凸部 13 の凹凸形状に関する計測データである。

[0073] （接合完了状態設定ステップ）

次に、接合完了状態設定ステップとしてのステップ ST412 に移行して、制御部 21 の形状演算部 211 は、取得した内嵌凸部 13 および外嵌凸部 14 の凹凸形状の計測データに基づいて、雄継手 12 が雌継手 11 の内側に接合した接合完了状態設定処理を実行する。

[0074] 本発明において、「接合完了状態」とは、図 2 に示すように、管軸方向に対する雄継手 12 の凹凸部分の全長が雌継手 11 の内側にほぼ収納され、内嵌凸部 13 と外嵌凸部 14 とが対になって接合が完了した状態を示す（例えば、アイマークが一致）。理想的には、雄継手 12 の凹凸の無い部分と雌継手 11 の先端部とが接する状態であるが、雄継手 12 の先端部と雌継手 11

の底面とが接しても良い。なお、あらかじめ設定した接合完了の線やアイマークなどが存在しない場合、ショルダータッチした状態を初期位置として接合完了位置を設定したり、配管などの付属物に基づいた位置関係によって接合完了位置を設定したりすることも可能である。本実施形態による機械式継手 10 の場合、接合完了位置とは、雄継手 12 の雌継手 11 への差し込みが完了した状態で、荷重伝達キー部 17 をスライドさせる直前の状態である。

[0075] 本発明においては、この接合完了状態を初期位置として設定し、干渉レベルの測定を接合完了状態から開始することが、最大の特徴である。本実施形態においては、接合完了状態を初期位置として設定し、形状の測定を接合完了状態において実施する。通常、機械式継手 10 の実物によって接合の確認を行う場合、内嵌凸部 13 と外嵌凸部 14 とが組み合う位置まで動かしつつ、停止した位置において接合の可否を確認する。特に、コンピュータなどの情報処理装置を用いて仮想的に接合を模擬する場合、雌継手 11 と雄継手 12 とが接合を開始する位置の設定は、周方向や軸方向に複数の条件が考えられる。この場合、接合の可否を確認するためには、多くのパターンの検討が必要になる。

[0076] これに対し、雌継手 11 と雄継手 12 との接合が完了した接合完了位置においては、仮想上の場合を含めて、任意の環境において容易に設定可能である。そこで、本実施形態においては、接合完了位置に初期位置として設定して、形状の測定を行うことによって、嵌合干渉解析工程を単純化して、機械式継手 10 または接続されている管 15, 16 の状態に関わらず、簡便に形状の測定および解析を実施できる。

[0077] (干渉解析ステップ)

次に、干渉解析ステップとしてのステップ S T 4 1 3 に移行して、制御部 21 の形状演算部 211 は、接合完了状態における、雌継手 11 における外嵌凸部 14 および荷重伝達キー部 17 の計測データ、および雄継手 12 における内嵌凸部 13 およびキー溝 18 の計測データに基づいて、内嵌凸部 13 と外嵌凸部 14 との間の干渉状態を導出する。形状演算部 211 による干渉

状態の導出は、あらかじめ設定された個所において実行される。

[0078] ここで、図 7 A、図 7 B、および図 7 C に、計測位置の座標系の作成方法を示す。すなわち、図 7 A に示すように、雌継手 1 1 の外嵌凸部 1 4 の径方向に沿った断面や雄継手 1 2 の内嵌凸部 1 3 の断面を作成するための平面を作成し、図 7 B に示す断面線 L を作成する。次に、断面線から直線 l を 2 本作成して、交点 C を作成する。次に、図 7 C に示すように、曲線を指定した点（指定点）との誤差が最小になる円（以下、フィット円）を作成する。このフィット円の中心点と複数の交点 C とによって、座標系を作成する。なお、図 7 A ～図 7 C によって説明した座標系の作成方法はあくまで一例に過ぎず、座標系の作成や設定は任意の方法で行うことが可能である。

[0079] 本実施形態においては、まず、雌継手 1 1 および雄継手 1 2 のそれぞれにおいて中心軸の設定を行う。中心軸の設定方法は、例えば、雌継手 1 1 の外表面を平均化したフィッティング円筒を仮想的に生成し、生成されたフィッティング円筒の中心軸を雌継手 1 1 および雄継手 1 2 の中心軸とする方法を採用することが可能である。なお、雄継手 1 2 の内表面を平均化したフィッティング円筒を生成しても良い。次に、雌継手 1 1 と雄継手 1 2 との中心軸を一致させた後に、軸方向に移動させて圧縮荷重を伝達するショルダー部が接触するように設定する。ここで、圧縮荷重を伝達可能な状態であれば、軸に対して垂直であっても、斜めであっても良い。次に、周方向は回転抑止キー 1 9 が挿入可能な位置に適合させる。なお、例えばアイマークなどの位置合わせ用の線をあらかじめ引いておいても良い。

[0080] 図 6 に戻り、このように作成した座標系に基づいて、あらかじめ設定された個所として、雌継手 1 1 や雄継手 1 2 の横断面（図 1 および図 2 において上下方向に対して垂直な平面）における円の中心に対して、円周状で例えば 90° ずつずらした 4 個所を選択することができる。なお、あらかじめ設定された個所として、円の中心に対して円周上で例えば 45° ずつずらした 8 個所とすることも可能であり、必ずしも所定の位置や個数に限定されない。

[0081] ステップ S T 4 1 3 において形状演算部 2 1 1 は、上述したように、あら

はじめ設定された4箇所や8箇所の位置において、凹凸形状のデータから凹凸の断面図を生成して、内嵌凸部13と外嵌凸部14との凹凸間の形状情報を導出する。このように、図7A～図7Cに示すようにして測定点の求め方を設定することによって、形状演算部211は、定められた箇所を所定の方法で自動的に算出可能となる。なお、形状測定装置20の入出力部23に、形状演算部211が生成した凹凸の断面図を出力させ、作業者が目視で接合や嵌合に影響する干渉の状態（干渉レベル）を判断して、入出力部23から干渉レベルを入力するようにしても良い。

[0082] また、一実施形態による形状測定装置20の形状演算部211によって生成された、データ化された機械式継手10の断面の一例を図8および図9に示す。図8は、データ化した機械式継手10の内嵌凸部13と外嵌凸部14とが互いに干渉せず、雄継手12の雌継手11への差し込みが完了した状態で、荷重伝達キー部17およびキー溝18の一部を拡大して示す断面図である。図9は、データ化した機械式継手10の内嵌凸部13と外嵌凸部14とが部分的に干渉している状態の一部を拡大して示す断面図である。

[0083] 図8に示すように、内嵌凸部13と外嵌凸部14との間において干渉が生じておらず、荷重伝達キー部17の設置位置とキー溝18の位置とが適合していて、干渉レベルが低い場合には、雌継手11と雄継手12との接合が可能な状態となる。

[0084] ここで、干渉レベルとは、次のように判定される。すなわち、嵌合位置として継手外側の先端を接触させた場合、キー溝18が確保されているか否かによって、干渉レベルの高低を判定する。キー溝18が確保されている場合には干渉レベルが低く、確保されていない場合には干渉レベルが高いと判定する。また、荷重伝達キー部17のリング溝が形成されている場合には、嵌合位置として継手外側の先端を接触させた際に、リング溝が確保されているか否かによって、干渉レベルの高低を判定することも可能である。また、嵌合位置として、荷重伝達キー部17の接合用ねじ17bを廻して荷重伝達キー部17をキー溝18に進入させる場合、接合用ねじ17bのクリアランス

とキー溝 18 とが確保されているか否かによって干渉レベルの高低を判定することも可能である。

[0085] 具体的に例えば、適切に接合する内嵌凸部 13 の高さ h は、例えば 8 mm 以上 20 mm 以下である。なお、内嵌凸部 13 および外嵌凸部 14 の中央は、内嵌凸部 13 の角部と角部との距離の半分で一番近い点とする。また、白点 p は、雄継手 12 の内嵌凸部 13 および雌継手 11 の外嵌凸部 14 に対して、十分な解像度を確保できる計測点である。これらの白点 p が多い程、内嵌凸部 13 および外嵌凸部 14 の中央の位置の判定精度を向上できる。

[0086] 内嵌凸部 13 の高さ h は、内嵌凸部 13 の上面とキー溝 18 の底面との距離とする。同様に、外嵌凸部 14 の高さ h は、外嵌凸部 14 の上面と荷重伝達キー部 17 の設置部分の底面との距離とする。また、内嵌凸部 13 と外嵌凸部 14 との間の径方向のクリアランス c は例えば 0.75 mm とする。なお、クリアランス c は、内嵌凸部 13 の中央と外嵌凸部 14 の中央とを結んだ線のうち、雄継手 12 の中心軸の半径方向成分とする。すなわち、雄継手 12 の内嵌凸部 13 の周方向に接する面の雄継手 12 の径の中心からの距離 r_1 と、雌継手 11 の外嵌凸部 14 の雄継手 12 の径の中心からの距離 r_2 とからは、クリアランス c は、 $c = r_2 - r_1$ として導出できる。

[0087] クリアランス c としては、必ずしも上述した定義に限定されず、機械式継手 10 の接合の可否に応じた種々の定義を設定できる。例えば、クリアランス c の他の定義の例としては、内嵌凸部 13 および外嵌凸部 14 の頂点を考慮した位置の決め方を採用することも可能である。すなわち、計測する頂点どうしをあらかじめ決定して、斜めに結ばれる場合においては、結ばれた頂点どうしの半径方向や軸方向に対応する距離を計測して、クリアランス c とすることも可能である。また、雄継手 12 におけるそれぞれの点または点と点とを結んだ線、すなわちメッシュごとに法線方向に距離を計測して、接合状態での雌継手 11 と接した際の距離、すなわち最短距離をクリアランス c に設定しても良い。反対に、雌継手 11 から雄継手 12 に向かう方向に距離を計測しても良い。さらに、条件に応じて、目視や代表点を用いた検討など

も可能である。

[0088] 一方、図9に示すように、雌継手11と雄継手12との位置関係から、内嵌凸部13および外嵌凸部14と荷重伝達キー部17およびキー溝18との間の少なくとも一部に干渉（干渉部分E）が生じている場合には、雌継手11と雄継手12との接合ができていない状態となる。この場合、干渉レベルが高いことになる。ここで、例えば、適切に接合していない状態の内嵌凸部13の高さhは、例えば8～20mmである。外嵌凸部14との間の径方向のクリアランスcは、例えば1mm、すなわち径方向に1mmだけ干渉することになる。

[0089] 形状演算部211は、あらかじめ設定された例えば4個所や8個所の複数の個所において導出したクリアランスcの結果を形状情報として、形状データベース221に格納する。なお、クリアランスcは、雌継手11および雄継手12において、あらかじめ設定された複数の個所における接合している部分の全ての内嵌凸部13、外嵌凸部14、荷重伝達キー部17、およびキー溝18について導出する。その上で、中心軸に対する半径方向に沿った最小のクリアランスcを導出するとともに、荷重伝達キー部17とキー溝18との位置関係を導出する。

[0090] 形状演算部211は具体的に、所定の計測ソフトウェアによって、それぞれの縦断面（図7B参照）において雌継手11の外嵌凸部14と雄継手12の内嵌凸部13とのクリアランスcが中心半径方向で最小となる値を抽出する。また、導出したクリアランスcの情報については、管種データベース222に格納された管種情報の機械式継手識別IDと関連付けて、記憶部22に格納しても良い。同様に、形状演算部211は具体的に、所定の計測ソフトウェアによって、それぞれの縦断面（図7B参照）において雄継手12のキー溝18の開口幅および開口深さの値と、雌継手11の荷重伝達キー部17の開口幅およびキー自体の大きさの値とを抽出する。導出した開口幅や開口深さやキー自体の大きさなどの値の情報は、管種データベース222に格納された管種情報の機械式継手識別IDと関連付けて、記憶部22に格納し

ても良い。

[0091] (接合可否判定ステップ)

次に、クリアランス判定ステップとしてのステップST414に移行して制御部21の判定部212は、記憶部22の形状データベース221から形状情報を読み出して、所定の基準に従って接合の可否の判定を行う。すなわち、判定部212は、所定の基準として例えば、雄継手12の内嵌凸部13と雌継手11の外嵌凸部14との間におけるクリアランス c が所定値以下であるか否かに基づいて判定する。なお、所定値としては、任意の値に設定可能であり、本実施形態において所定値は例えば0とする。

[0092] (干渉情報付与ステップ)

ステップST414において判定部212が、雄継手12の内嵌凸部13と雌継手11の外嵌凸部14との間におけるクリアランス c は所定値以下、具体的に例えば0以下($c \leq 0$)であると判定した場合(ステップST414: Yes)、ステップST418に移行する。ステップST418において判定部212は、測定対象である機械式継手10における干渉部分Eの情報を付与する干渉情報付与処理を実行する。判定部212は、干渉部分Eの情報が付与された不合格情報を出力して、不合格情報を形状情報として形状データベース221に格納する。以上により、干渉解析処理が終了する。

[0093] 以上のように、継手管の真円度の崩れなどによって雄継手12の外面と雌継手11の内面の干渉量が規定を満たすか否かで合否を判断し、雄継手12が雌継手11に完全に差し込めるかを確認する例について説明した。なお、上述した例においては、雄継手12の内嵌凸部13と、雌継手11の外嵌凸部14との干渉レベルに着目したが、干渉確認する箇所はこれに限定されない。干渉確認を行う箇所としては例えば、雌継手11と雄継手12との半径方向のずれを抑制するインロー部としても良い。なお、この段階で不合格である場合に、凹凸加工装置40、40Aによって加工などを行うことも可能である。この場合、クリアランス c を十分に大きく修正することにより、接合不可となる可能性を低減できるが、構造部材の場合などにおいてクリアラ

ンス c を大きくすると、機械式継手10の耐力や剛性の低下を誘引するため、上述した適切な範囲内に修正することが好ましい。

[0094] ステップST414において判定部212が、雄継手12の内嵌凸部13と雌継手11の外嵌凸部14との間におけるクリアランス c は所定値より大きい、具体的に例えば0より大きい($c > 0$)と判定した場合(ステップST414: No)、ステップST415に移行する。すなわち、あらかじめ設定された複数個所において接合している部分におけるクリアランス c が、所定値より大きい状態であれば、干渉は生じず、雌継手11と雄継手12とは接合可能であると判定される。ここで、所定値を0とした場合、判定部212は、クリアランス c が常に正($c = r_2 - r_1 > 0$)の状態であれば、干渉は生じず、雌継手11と雄継手12とは接合可能であると判定できる。なお、干渉部分Eは内嵌凸部13および外嵌凸部14の半径方向のみならず、内嵌凸部13や外嵌凸部14以外の箇所においても生じる可能性はあることから同様に判定しても良いが、機械式継手10においては、内嵌凸部13および外嵌凸部14の半径方向の変形が最も生じやすいことから、判定部212は、内嵌凸部13および外嵌凸部14の半径方向のクリアランスが上述した条件($c > \text{所定値}$)を満たせば、接合可能と判定できる。なお、今回は静的検討として、計測ソフトやCADを用いた継手全体の形状が変形せずに剛であると仮定して検討する方法を採用したが、動的検討として、部分的な微小干渉により継手の形状が弾性変形することや摩擦抵抗なども考慮して検討する方法も採用できる。動的検討としては、FEMや機構解析などによる動的解析を行い、荷重、トルク、接触、摩擦などの変動に基づいて干渉を判定することが可能である。

[0095] (凹部位置関係把握ステップ)

次に、凹部位置関係把握ステップとしてのステップST415において判定部212は、荷重伝達キー部17における接合用ねじ17bが納まる溝とキー溝18との位置関係情報を取得する。その後、ステップST416に移行して判定部212は、ステップST415において取得した位置関係情報

に基づいて、荷重伝達キー部 17 とキー溝 18 との位置関係が許容範囲内であるか否か、すなわち干渉レベルの高低を判定する。

[0096] 判定部 212 は、荷重伝達キー部 17 とキー溝 18 との位置関係を確認して、荷重伝達キー部 17 とキー溝 18 との相互の位置関係が許容範囲を満たすか否かに基づいて干渉レベルを判定して合否を決定することが可能である。すなわち、判定部 212 による判定としては、雌継手 11 に設けられた荷重伝達キー部 17 の接合用ねじ 17b を、キー溝 18 に対して雌継手 11 と雄継手 12 との荷重伝達を可能にする所定位置までスライド可能であるか否かによって、干渉レベルの高低を判定する。ここで、荷重伝達キー部 17 の接合用ねじ 17b を、キー溝 18 に対して所定位置までスライド不能である場合に干渉レベルが高いとし、スライド可能である場合に干渉レベルが低いものとする。

[0097] ここで、荷重伝達キー部 17 の接合用ねじ 17b が収納される凹部である溝と雄継手 12 における凹部であるキー溝 18 と位置関係（凹部位置関係）において、干渉レベルが高い状態を図 10 および図 11 に示す。

[0098] 図 10 に示すように、雌継手 11 における荷重伝達キー部 17 の上端および雄継手 12 におけるキー溝 18 の上端の対のうちの 1 箇所の上端の対を揃えた場合（図 10 中、凹凸ピッチ P の下端）、雌継手 11 における他の荷重伝達キー部 17 の上端が、キー溝 18 の上端より高い場合に、干渉レベルが高い状態であるとする。この場合、荷重伝達キー部 17 における接合用ねじ 17b（図 10 中、図示せず）は、干渉してキー溝 18 にスライド不能となる。反対に、雌継手 11 における荷重伝達キー部 17 の上端および雄継手 12 におけるキー溝 18 の上端の対のうちの 1 箇所の上端の対を揃えた場合（図 10 中、凹凸ピッチ P の下端）、雌継手 11 における他の荷重伝達キー部 17 の上端が、キー溝 18 の上端より低い場合に、干渉レベルが低い状態であるとする。この場合、荷重伝達キー部 17 における接合用ねじ 17b（図 10 中、図示せず）は、干渉することなくキー溝 18 にスライド可能となる。なお、荷重伝達キー部 17 の下端およびキー溝 18 の下端の対のうちの 1

箇所の下端の対を揃えて干渉レベルを判定しても良い。

[0099] また、図 11 に示すように、雌継手 11 における荷重伝達キー部 17 の上端および雄継手 12 におけるキー溝 18 の上端の対のうちの 1 箇所の上端の対を揃えた場合（図 11 中、凹凸ピッチ P の下端）、雌継手 11 における他の荷重伝達キー部 17 の上端および下端がそれぞれ、キー溝 18 の上端および下端より高い場合に、干渉レベルが高い状態であるとする。この場合、荷重伝達キー部 17 における接合用ねじ 17b（図 11 中、図示せず）は、進入時にキー溝 18 の端部に干渉してスライド不能となる。反対に、雌継手 11 における荷重伝達キー部 17 の上端および雄継手 12 におけるキー溝 18 の上端の対のうちの 1 箇所の上端の対を揃えた場合（図 11 中、凹凸ピッチ P の下端）、雌継手 11 における他の荷重伝達キー部 17 の上端および下端がそれぞれ、キー溝 18 の上端および下端の間に収まっている場合、干渉レベルが低い状態であるとする。この場合、荷重伝達キー部 17 における接合用ねじ 17b（図 11 中、図示せず）は、干渉することなくキー溝 18 にスライド可能となる。なお、荷重伝達キー部 17 の下端およびキー溝 18 の下端の対のうちの 1 箇所の下端の対を揃えて干渉レベルを判定しても良い。

[0100] ステップ S T 4 1 6 において判定部 2 1 2 が、荷重伝達キー部 17 の接合用ねじ 17b が収納される凹部と雄継手 12 における凹部であるキー溝 18 との凹部位置関係は許容範囲外であり、干渉レベルが高いと判定した場合（ステップ S T 4 1 6 : Y e s）、ステップ S T 4 1 8 に移行する。ステップ S T 4 1 8 において判定部 2 1 2 は、測定対象である機械式継手 10 が不合格である情報を出力して、この不合格情報を形状情報として形状データベース 2 2 1 に格納する。なお、不合格情報は上述した凹部位置関係の情報を含んでも良い。以上により、干渉解析工程が終了する。なお、不合格となった機械式継手 10 は凹凸加工装置 40、40A によって加工を行って修正することにより、規定を満たせば合格品とすることもできる。

[0101] 他方、ステップ S T 4 1 6 において判定部 2 1 2 が、荷重伝達キー部 17 の接合用ねじ 17b が収納される凹部である溝と雄継手 12 における凹部で

あるキー溝 18 との凹部位置関係は許容範囲内であり、干渉レベルが低いと判定した場合（ステップ S T 4 1 6 : N o）、ステップ S T 4 1 7 に移行する。ステップ S T 4 1 7 において判定部 2 1 2 は、測定対象である機械式継手 1 0 が合格である情報を出力する。この合格情報はステップ S T 4 1 4 において判定した結果のクリアランス情報および凹部位置関係の情報を含む。判定部 2 1 2 は、合格情報を形状データベース 2 2 1 に格納する。以上により、干渉解析工程が終了する。

[0102] 一実施形態によるクリアランス測定形状解析工程によれば、クリアランス c が所定値以下の箇所が見出された段階で不合格と判定していることにより、機械式継手 1 0 における不合格品が判明するまでに要する時間やデータ容量を抑えて、簡易的に実施することができる。また、荷重伝達キー部 1 7 の接合用ねじ 1 7 b が収納される凹部である溝と雄継手 1 2 における凹部であるキー溝 1 8 と位置関係（凹部位置関係）を確認して、接合用ねじ 1 7 b のキー溝 1 8 への進入の可否を判定していることにより、実際に接合用ねじ 1 7 b をねじ孔 1 7 a から進入させる前段階で不合格情報を取得することができる。

[0103] その後、図 5 に示すステップ S T 5 に移行して、制御部 2 1 は入出力部 2 3 に対して、測定対象である機械式継手 1 0 の合格または不合格の情報を出力する。なお、不合格と判定された機械式継手 1 0 は、機械式継手 1 0 の実物に印をつけるなどしておいても良い。なお、不合格と判定された機械式継手 1 0 は、後述する調整工程を実行するか廃棄するかなどを適宜選択できる。以上により、機械式継手の測定処理が終了する。

[0104] 以上説明した機械式継手の測定方法に基づいて、機械式継手 1 0 の品質を管理することが可能である。すなわち、機械式継手 1 0 の品質管理方法においては、まず、ステップ S T 1 において継手製造工程によって機械式継手 1 0 を製造する。次に、ステップ S T 3 による継手計測工程によって、機械式継手 1 0 の内嵌凸部 1 3 および外嵌凸部 1 4 の凹凸形状を計測する。その後、ステップ S T 4 において、継手計測工程によって得られた測定結果を用い

て、干渉解析工程を実行することによって、品質管理工程として、機械式継手 10 の品質を管理することが可能になる。

[0105] 以上説明した本発明の一実施形態による機械式継手 10 の測定方法によれば、機械式継手 10 の製造が完了した後や施行前に接合の可否の確認を実行できる。また、従来は、雌継手 11 と雄継手 12 とを実際に嵌合させて判断していたが、内嵌凸部 13 および外嵌凸部 14 の干渉をクリアランスとして測定結果に基づいた情報によって確認できるため、正確性を確保できる。また、機械式継手 10 の接合完了位置から開始するため、接合の開始位置を探索する必要がなく、さらには干渉箇所の早期発見も可能になり、効率的に機械式継手 10 のクリアランスの測定を開始できる。さらに、荷重伝達キー部 17 の接合用ねじ 17b をキー溝 18 に進入可能か否かを事前に判定できるため、雌継手 11 および雄継手 12 を実際に互いに嵌合させた状態で、荷重伝達キーによる固定ができないという状態を回避することができる。

[0106] さらに、長尺や大きさなどの機械式継手の状態に関わらず、工場などの現場における事前の接合確認を安全で簡易化できる。本実施形態による機械式継手 10 の測定方法の利用場所は工場などに限定されず、施工現場の置き場などでも利用できる。具体的に例えば、施工現場において、追加部材の溶接の取り付けや、運搬などによる損傷や、直射日光の過度に受光した場合などにおいて、機械式継手 10 の変形が懸念される場合に、施工現場の置き場において計測部 35 によって雄継手 12 や雌継手 11 の形状を計測し、実際の接合前に接合判定を行うこともできるので、トラブルにより現場作業が停止するのを最小限に抑制できる。

[0107] なお、上述において機械式継手 10 を一例として示したが、以下の場合も本発明は同様に効果を発揮できる。例えば、内嵌凸部 13 および外嵌凸部 14 は 2 段に限定されず、1 段であっても 3 段以上であっても良い。また、インローの有無については特に限定されない。荷重伝達キー部 17 は、雌継手 11 側ではなく雄継手 12 側に設けられていてもよい。また、荷重伝達キー部 17 およびキー溝 18 は、軸方向の位置が周方向に同一の円形状でなくて

も良く、螺旋形状や楕円形状であっても良い。さらに、荷重伝達キ一部 1 7 は、周方向に分割されても斜めであっても良く、周方向にわたるリング状であっても良い。また、雌継手 1 1 や雄継手 1 2 は鋼管の外周より外側に張り出しているも良い。

[0108] (第 1 変形例による機械式継手)

次に、上述した一実施形態による機械式継手の計測方法を適用可能な他の機械式継手について説明する。図 1 2 および図 1 3 はそれぞれ、一実施形態の第 1 変形例による機械式継手計測システム 1, 1 A において測定対象となる機械式継手の接合開始状態および接合完了状態を示す図である。

[0109] (計測対象となる雄継手と雌継手)

図 1 2 に示すように、機械式継手 1 0 A は例えば、複数の管を連結させて打設するときに、複数の管を軸芯方向 Y に連結させるための無溶接の機械式継手として用いられる。第 1 変形例による機械式継手 1 0 A は、例えば、管 1 5 と管 1 6 とを互いに連結させるための継手となる。

[0110] 本実施形態による機械式継手 1 0 A は、互いに嵌合自在な外側の継手となる雌継手 1 1 A と内側の継手となる雄継手 1 2 A とを有して構成される。機械式継手 1 0 A は、上方の管 1 5 の下端部に雄継手 1 2 A が溶接などによって取り付けられ、下方の管 1 6 の上端部に雌継手 1 1 A が溶接などによって取り付けられる。これにより、雄継手 1 2 A と雌継手 1 1 A とが軸芯方向 Y で互いに対向して一対に構成される。機械式継手 1 0 A は、雄継手 1 2 A の外周に複数の内嵌凸部 1 3 A が形成されるとともに、雌継手 1 1 A の内周側に複数の外嵌凸部 1 4 A が形成される。この構成により、複数の内嵌凸部 1 3 A および複数の外嵌凸部 1 4 A が、周方向 W で略同一円周上に形成されたギア式継手となる。なお、ギア式も種々の段数を採用可能であり、段数は限定されない。

[0111] 雌継手 1 1 A は、軸芯直交方向 X で内側に向けて突出させて形成された複数の外嵌凸部 1 4 A を有する。これにより、周方向 W で外嵌凸部 1 4 A に隣り合って複数の外嵌溝部 1 4 A a が形成される。また、軸芯方向 Y で外嵌凸

部 1 4 A より基端側に形成された複数の外嵌谷部 1 4 A b が形成される。雌継手 1 1 A は、外嵌凸部 1 4 A と外嵌谷部 1 4 A b とが、軸芯方向 Y に沿って交互に隣り合って設けられる。

[0112] 雌継手 1 1 A は、外嵌凸部 1 4 A と外嵌溝部 1 4 A a とが周方向 W で交互に形成されて、複数の外嵌凸部 1 4 A が軸芯方向 Y および周方向 W で略一列に配置されるとともに、複数の外嵌溝部 1 4 A a が軸芯方向 Y および周方向 W で略一列に配置される。雌継手 1 1 A は、軸芯方向 Y に沿った先端側に外嵌先端面が形成され、下方の管 1 6 の端部に溶接などによって取り付けられる部位として、軸芯方向 Y に沿った基端側に外嵌余長部が設けられる。

[0113] 雄継手 1 2 A は、軸芯直交方向 X で外側に向けて突出させて形成された複数の内嵌凸部 1 3 A を有する。これにより、周方向 W で内嵌凸部 1 3 A に隣り合って複数の内嵌溝部 1 3 A a が形成される。また、軸芯方向 Y で内嵌凸部 1 3 A より基端側に形成された複数の内嵌谷部 1 3 A b が形成される。雄継手 1 2 A は、内嵌凸部 1 3 A と内嵌谷部 1 3 A b とが、軸芯方向 Y で交互に隣り合って形成される。

[0114] 雄継手 1 2 A は、内嵌凸部 1 3 A と内嵌溝部 1 3 A a とが周方向 W で交互に形成されて、複数の内嵌凸部 1 3 A が軸芯方向 Y および周方向 W で略一列に配置されるとともに、複数の内嵌溝部 1 3 A a が軸芯方向 Y および周方向 W で略一列に配置される。雄継手 1 2 A は、軸芯方向 Y に沿った先端側に内嵌先端面が形成され、上方の管 1 5 の端部に溶接などによって取り付けられる部位として、軸芯方向 Y に沿った基端側に内嵌余長部が設けられる。

[0115] 図 1 3 に示すように、機械式継手 1 0 A においては、雄継手 1 2 A と雌継手 1 1 A とを互いに嵌合させることによって、管 1 5 および管 1 6 が互いに連結される。機械式継手 1 0 A は、上方の管 1 5 の下端部に取り付けられた雄継手 1 2 A が、下方の管 1 6 の上端部に取り付けられた雌継手 1 1 A に挿入される。このとき、鋼管杭の機械式継手 1 0 A は、内嵌凸部 1 3 A および外嵌凸部 1 4 A の突出高さが、内嵌溝部 1 3 A a および外嵌溝部 1 4 A a の軸芯直交方向 X の深さ以下となることで、内嵌凸部 1 3 A および外嵌凸部 1

4 A がそれぞれ、外嵌溝部 1 4 A a および内嵌溝部 1 3 A a を通過する。

[0116] その後、鋼管の機械式継手 1 0 A は、雄継手 1 2 A が雌継手 1 1 A に挿入された状態で、上方の管 1 5 と下方の管 1 6 とを軸芯周りの周方向 W に相対回転させる。この場合、鋼管の機械式継手 1 0 A は、内嵌凸部 1 3 A および外嵌凸部 1 4 A の突出高さがそれぞれ、外嵌谷部 1 4 A b および内嵌谷部 1 3 A b の軸芯直交方向 X の深さ以下になることによって、内嵌凸部 1 3 A および外嵌凸部 1 4 A がそれぞれ、外嵌谷部 1 4 A b および内嵌谷部 1 3 A b に嵌合される。

[0117] 機械式継手 1 0 A においては、設計上、内嵌凸部 1 3 A の軸芯方向 Y の長さを外嵌谷部 1 4 A b の軸芯方向 Y の長さ以下とし、外嵌凸部 1 4 A の軸芯方向 Y の長さを内嵌谷部 1 3 A b の軸芯方向 Y の長さ以下とする。この場合、管の機械式継手 1 0 A は、雄継手 1 2 A を雌継手 1 1 A に挿入して周方向 W に相対回転させた状態で、内嵌凸部 1 3 A と外嵌凸部 1 4 A とが軸芯方向 Y で互いに係止されるものとなる。

[0118] 管 1 5, 1 6、雄継手 1 2 A、および雌継手 1 1 A の材質は、特に限定されない。鋼、鋼以外の金属材料、コンクリート、樹脂、または複数の材料を組み合わせなどが挙げられる。機械式継手の材質は、使用目的や後述する管などの条件に応じて選択する。本発明は、例えば 7 0 0 m m 以上の大径であったり、機械式継手が接続されている管 1 5, 1 6 の長さが 5 m 以上であったり、重量物であったりするために、工場出荷前の接合確認が困難である機械式継手 1 0 A の場合に、特に効果的である。

[0119] 図 1 3 に示す機械式継手 1 0 A の場合における接合完了位置は例えば、ショルダータッチした状態で、あらかじめ設定した接合完了の線（例えばアイマーク）に達する位置、すなわち、回転抑止キーが挿入できる位置などであるが、これに限定されない。例えば、あらかじめ設定した接合完了の線が存在しない場合、ショルダータッチした状態を初期位置として接合完了位置を設定したり、配管などの付属物に基づいた位置関係によって接合完了位置を設定したりすることが可能である。そのため、上述した形状測定装置 2 0,

20Aにおいて用いられるデータ上における中心軸の設定方法や位置合わせの方法は、機械式継手10と同様である。ギア式継手である機械式継手10Aは、接合時に回転が必要ではあるが、ギアの幅の分のみの回転量であるため、接合完了状態においての干渉量が規定を満たせば、接合は可能であると判定できる。すなわち、ギアの回転分までを挿入分として処理することによって、上述した一実施形態と同様にクリアランス c を導出して判定できる。

[0120] 上述した一実施形態による形状測定装置20、20Aの形状演算部211によって生成される、データ化された機械式継手10Aの断面の一例を図14および図15に示す。図14は、データ化した機械式継手10Aの内嵌凸部13Aと外嵌凸部14Aとが互いに干渉せず、雄継手12Aの雌継手11Aへの差し込みおよびギアの回転が完了した状態を拡大して示す断面図である。図15は、データ化した機械式継手10Aの内嵌凸部13Aと外嵌凸部14Aとが部分的に干渉して干渉部分Eが存在している状態の一部を拡大して示す断面図である。

[0121] 図14に示すように、内嵌凸部13Aと外嵌谷部14Abとの間、および外嵌凸部14Aと内嵌谷部13Abとの間において干渉が生じておらず、干渉レベルが低い場合には、雌継手11Aと雄継手12Aとの接合が可能な状態となる。なお、内嵌溝部13Aaおよび外嵌溝部14Aaにおいても同様に干渉レベルの高低の判定処理が行われる。クリアランス c は、内嵌凸部13Aの中央と外嵌凸部14Aの中央とを結んだ線のうち、雄継手12Aの中心の半径方向成分とし、雄継手12Aの内嵌凸部13Aの周方向に接する面の雄継手12Aの径の中心からの距離 r_1 と、雌継手11の外嵌凸部14の雄継手12の径の中心からの距離 r_2 とからは、クリアランス c は、 $c = r_2 - r_1$ として導出できる。

[0122] 一方、図15に示すように、雌継手11Aと雄継手12Aとの位置関係から、内嵌凸部13Aと外嵌谷部14Abとの間、および外嵌凸部14Aと内嵌谷部13Abとの間において干渉（干渉部分E）が生じている場合には、雌継手11と雄継手12との接合ができていない状態となる。この場合、干

渉レベルが高いことになる。

[0123] 形状演算部 211 は、あらかじめ設定された例えば 4 個所や 8 個所の複数の個所において導出したクリアランス c の結果を形状情報として、形状データベース 221 に格納する。なお、クリアランス c は、雌継手 11A および雄継手 12A において、あらかじめ設定された複数の個所における接合している部分の全ての内嵌凸部 13A、外嵌凸部 14A、内嵌谷部 13Ab、外嵌谷部 14Ab、内嵌溝部 13Aa、および外嵌溝部 14Aa について導出する。その上で、中心に対する半径方向に沿った最小のクリアランス c を導出するとともに、荷重伝達キー部 17 とキー溝 18 との位置関係を導出する。

[0124] 上述した一実施形態による機械式継手 10 に対する形状測定方法と同様に、接合完了状態における機械式継手 10A の真円度の崩れなどによる雄継手 12A の外面と雌継手 11A の内面との干渉量（干渉部分 E）が規定を満たすか否かに基づいて合否を判断する。上述した一実施形態と同様に、干渉部分 E が存在しない場合を干渉レベルが低いとして合格とし、干渉部分 E が存在した場合に不合格と判定する。なお、不合格となった機械式継手 10A は、凹凸加工装置 40、40A によって加工を行うことにより修正を行って、規定を満たせば合格品とすることもできる。

[0125] 以上説明した機械式継手 10、10A は、軸対称構造のものであったが、キーやリングが挿入される凹部が軸に対して垂直ではなく、傾斜させた形状の機械式継手であっても本発明を適用することができる。以下に説明する第 2 変形例による機械式継手は、キーやリングが挿入される凹部が軸に対して傾斜させた形状の機械式継手である。

[0126] （第 2 変形例による機械式継手）

次に、上述した一実施形態による機械式継手の計測方法を適用可能な他の機械式継手について説明する。図 16、図 17A、および図 17B はそれぞれ、一実施形態の第 2 変形例による機械式継手計測システム 1、1A において測定対象となる機械式継手の接合開始状態および接合完了状態を示す図で

ある。なお、図16は継手挿入前の状態、図17Aは継手挿入完了で嵌合完了前の状態、図17Bは継手嵌合完了の状態を示す。

[0127] 図16に示すように、第2変形例による機械式継手10Bは、管状の雄継手12Bと雄継手12Bが挿入嵌合する雌継手11Bからなり、管15、16の端部に取り付けられ、管15、16を接合するものである。雄継手12Bの基端側には段差部が形成され、図17Aに示すように、雄継手12Bを雌継手11Bに挿入した状態で雌継手11Bの先端部が段差部に当接して嵌合完了状態となるように構成されている。ここで、図17Aの上図は機械式継手10Bの径方向から見た断面図、図17Aの下図は機械式継手10Bの中心軸方向から見たAA矢視断面図である。図17Bの上図および下図もそれぞれ同様である。なお、第2変形例において、雄継手12Bとは、内側継手またはPIN継手とも称され、雌継手11Bとは、外側継手またはBOX継手とも称される。

[0128] 雄継手12Bは、機械式継手10Bの内側にある継手である。雌継手11Bは、機械式継手10Bの外側にある継手である。雄継手12Bの外周面と雌継手11Bの内周面のそれぞれに嵌合完了状態に対向するように形成され、機械式継手10Bの軸方向に対して傾斜する環状溝17B、18Bが形成されている。環状溝17B、18Bの傾斜角度は、ねじり荷重が作用した際にリング部材が回らない状態であればよく、適宜設定すればよい。環状溝17B、18Bの軸方向に対する傾斜角度は、機械式継手10Bの径方向から見た際に、直線となるように一定の角度を持った状態であることが好ましい。また、環状溝17B、18Bの軸方向に対する傾斜角度の上限としては、機械式継手10Bの径方向を0°とした場合に、機械式継手10Bの軸方向に向かって5°以下とすることが好ましい。これは、傾斜が大きいと継手の長さが長くなり、高コスト化するためである。

[0129] 雌継手11Bおよび雄継手12Bのそれぞれに形成された環状溝18B、17Bは、継手を嵌合完了状態にしたときに、楕円状の閉空間からなる環状溝18B、17Bを形成する。さらに、機械式継手10Bには、環状のリン

グ部材 1 3 B が設けられている。このリング部材 1 3 B は、雄継手 1 2 B の環状溝 1 8 B に、雄継手 1 2 B と雌継手 1 1 B との嵌合を妨げないように格納可能、かつ嵌合完了状態において環状溝 1 7 B、1 8 B 内で雄継手 1 2 B の環状溝 1 8 B と雌継手 1 1 B の環状溝 1 7 B とに跨るように配置可能である。

[0130] 図 1 7 A の下図に示すように、リング部材 1 3 B は、周方向の 1 カ所に切り欠きを有し、径方向に拡張するバネ構造となっている。リング部材 1 3 B には数カ所のキリ孔、雄継手 1 2 B には、キリ孔に対応する数カ所のタップ孔が設けられ、キリ孔とタップ孔とを貫通するボルトによってリング部材 1 3 B を雄継手 1 2 B の外周面に沿うように縮径して固定されている。これは、固定されない状態では環状溝 1 7 B の外径よりも大きな径を有し、環状溝 1 7 B に完全に嵌るようにするための構造である。

[0131] 本明細書において、キリ孔、タップ孔、貫通タップ孔およびねじ孔と組み合わせられる部材としては、ねじが用いられる。特に、雄ねじであればどのようなものでも使用可能であり、ねじの使用目的に合わせて適宜選択すればよい。なお、第 2 変形例において、ボルト、ボルトねじ、およびイモネジは、ねじの一例である。

[0132] リング部材 1 3 B は、例えば所定長さの長い平板を曲げ加工することにより作成することができる。この場合、曲げ加工によって平板の端部を対向させた際の隙間が、切り欠きとなる。また、上述した方法以外にも、リング状の部材の一部を切断して切り欠きを形成してもよい。また、図 1 6 においては、リング部材 1 3 B の周方向に切り欠きが 1 つのみ設けられているが、切り欠きは複数、例えば 2 つ設けてもよい。この場合、2 つ目の切り欠きは、1 つの切り欠きの近傍であって、リング部材 1 3 B のバネ構造を維持できるような位置に設けることが好ましい。なお、リング部材 1 3 B のバネ構造を最大限に生かすのであれば、切り欠きは 1 つであることが最も好ましい。

[0133] なお、ボルトの頭がリング部材 1 3 B の外周面から突出しないように、リング部材 1 3 B に設けたキリ孔にはボルトの頭が収容される凹部が設けられ

、キリ孔は段差孔である。また、キリ孔はリング部材 1 3 B の拡張に対応できるように、リング部材 1 3 B の周方向に対して長孔となっている。なお、図 1 7 A の下図および図 1 7 B の下図においてはキリ孔および凹部の詳細を省略している。

[0134] リング部材 1 3 B を固定するボルトは、雄継手 1 2 B を雌継手 1 1 B に挿入完了した状態で、緩める操作をする必要がある。この操作を可能にするため、雌継手 1 1 B には、図 1 7 A の下図および図 1 7 B の下図に示すように、嵌合完了状態でボルトの位置に対向する位置に貫通孔 1 9 B が設けられている。

[0135] 上記のように構成された機械式継手 1 0 B の嵌合動作について説明する。雄継手 1 2 B を雌継手 1 1 B に挿入する前の状態では、図 1 6 に示すように、リング部材 1 3 B が雄継手 1 2 B の環状溝 1 7 B, 1 8 B に格納された状態で、雄継手 1 2 B と雌継手 1 1 B の方向を合わせ、雄継手 1 2 B を雌継手 1 1 B に差し込む。方向を合わせるとは、雄継手 1 2 B の環状溝 1 7 B, 1 8 B と雌継手 1 1 B の環状溝 1 7 B, 1 8 B の傾斜方向が一致していることであり、この状態であれば、雌継手 1 1 B の貫通孔 1 9 B の位置も嵌合完了状態で雄継手 1 2 B のボルトに対向する位置となる。

[0136] 図 1 7 A に示すように、雄継手 1 2 B の段差部と雌継手 1 1 B の先端が接触した状態で雄継手 1 2 B の雌継手 1 1 B への挿入が完了する。この状態で、雄継手 1 2 B と雌継手 1 1 B のそれぞれに形成された環状溝 1 7 B, 1 8 B が楕円状の閉空間からなる環状溝 1 7 B, 1 8 B を形成し、雄継手 1 2 B の環状溝 1 7 B, 1 8 B に格納されたリング部材 1 3 B が雌継手 1 1 B の環状溝 1 7 B, 1 8 B に対向配置される。なお、判定部 2 1 2 による接合の判定は、雄継手 1 2 B を雌継手 1 1 B に挿入した後の状態であって、リング部材 1 3 B の解放前に行われる。

[0137] 次に、貫通孔 1 9 B に工具を挿入してボルトを緩めることにより、図 1 7 B に示すように、リング部材 1 3 B が自身のバネ力により拡張され、リング部材 1 3 B は環状溝 1 7 B, 1 8 B と環状溝 1 7 B, 1 8 B の両方に跨るよ

うに配置されて嵌合が完了する。なお、リング部材 13 B は自身のバネ力により拡径状態になり、その状態を維持して環状溝 17 B, 18 B 内に配置される。そのため、嵌合が完了した後は、ボルトは継手の機能発現には不要となる。そのため、振動などによりボルトが外れたり破損したりした場合でも継手の機能には影響はない。

[0138] 図 17 B に示すように、嵌合完了状態においては、圧縮力は主に雄継手 12 B の段差部と雌継手 11 B の先端部の接触圧により伝達し、引張力は主にリング部材 13 B の支圧により伝達する。さらにねじり力は主にリング部材 13 B のせん断により伝達し、またせん断力は主に雄継手 12 B と雌継手 11 B による二重管部分によって伝達する。

[0139] 以上のように構成された機械式継手 10 B においても、雌継手 11 B および雄継手 12 B が凹凸構造を有する形状であれば、本発明を適用することが可能であり、特殊な継手形状に限定されない。

[0140] (第 3 変形例による機械式継手)

次に、上述した一実施形態による機械式継手の計測方法を適用可能な他の機械式継手について説明する。図 18 および図 19 はそれぞれ、一実施形態の第 3 変形例による機械式継手計測システム 1, 1 A において測定対象となる機械式継手の接合開始状態および接合完了状態を示す図である。なお、図 18 は継手挿入前の状態、図 19 は継手挿入完了で嵌合完了の状態を示す。

[0141] 図 18 に示すように、第 3 変形例による機械式継手 10 C は、外側継手管である雌継手 11 C と内側継手管である雄継手 12 C とからなり、鋼管の端部に取り付けられ、鋼管同士を接合するものである。雌継手 11 C の側面および雄継手 12 C の側面には、通孔 11 C a, 12 C a が設けられている。通孔 11 C a, 12 C a はそれぞれ、長手方向に直交する断面が筒状の周方向に沿って、所定の間隔で互いに隔てられた複数の位置に、貫通した軸が中心で一致するように配置されている。

[0142] 図 19 に示すように、雄継手 12 C を雌継手 11 C の中空部に段差 12 C b の部分で挿入して、それぞれの通孔 11 C a, 12 C a の中心を一致させ

るように嵌合したあと、通孔11Ca, 12Caを跨いで連通するように接合部材17cを設置する。これによって、雄継手12Cと雌継手11Cとを接合する。ここで、接合部材17cとしては、通孔11Ca, 12Caの直径や機械式継手10Cの板厚に対応したピンや、ねじや、ボルトなどの種々の接合部材を用いることが可能である。

[0143] 図18および図19に示すように、雄継手12Cと雌継手11Cとの接合においては、通孔11Ca, 12Caの中心位置を揃えるために、材軸方向の高さを揃えるとともに周方向の位置を揃える必要がある。すなわち、雌継手11Cと雄継手12Cとを嵌合する際には、雌継手11Cの内面と雄継手12Cの外面との接触や干渉の有無が施工性に影響を与えることになる。

[0144] そこで、第3変形例による干渉解析工程においては、図6に示すステップST411のデータ取得処理において、例えば計測端末30Aや計測部35などを用いて、嵌合時に干渉の可能性がある雌継手11Cの内面と雄継手12Cの外面の形状を測定する。

[0145] ステップST411によるデータ取得処理が終了した後、ステップST412に移行して、接合完了状態の設定を行う。接合完了状態の設定においては、データ取得処理により測定されて得られた形状の測定データに基づいて、雌継手11Cおよび雄継手12Cのそれぞれの中心位置と、雌継手11Cおよび雄継手12Cのそれぞれの通孔11Ca, 12Caの中心位置とを、互いに一致させ、嵌合完了位置としては、ショルダータッチしつつアイマークなどの目印や任意の数の通孔11Ca, 12Caを対象とし、対象とした通孔11Ca, 12Cの位置のずれが小さくなる箇所に合わせた状態を接合完了状態として設定する。

[0146] 次に、ステップST413に移行して、干渉解析測定を実行する。干渉解析処理においてはまず、ステップST412において設定した接合完了状態を初期位置として設定する。判定部212は、半径方向の面的な接触の有無、全ての通孔11Ca, 12Caの位置を対象に、貫通させるボルトなどの

接合部材 17c との間に、あらかじめ設定されたクリアランス以上の軸方向のずれおよび周方向のずれが存在するか否かによって、干渉判定を行う。第 3 の変形例における干渉判定においては、判定部 212 が合格と判定した場合に合格とし、判定部 212 が合格と判定しなかった場合には不合格とする。

[0147] 判定部 212 が不合格と判定した場合、以下の方法により、合格とすることもできる。すなわち、形状演算部 211 は、雌継手 11C と雄継手 12C とを相対的に回転させ、干渉レベルが合格になる位置を探索する。雌継手 11C および雄継手 12C を回転させて、対（ペア）となる通孔 11Ca, 12Ca を適宜変更させて、合格となる位置を探索する。または、凹凸加工装置 40 を用いて、干渉レベルが合格になるように雌継手 11C と雄継手 12C との少なくとも一方を加工する。

[0148] 以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。例えば、上述の実施形態において挙げた数値、材料はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる数値、材料を用いても良い。

[0149] 例えば上述したそれぞれの実施形態やそれぞれの変形例において、判定部 212 は、所定の基準として、雄継手 12 の内嵌凸部 13 と雌継手 11 の外嵌凸部 14 との間におけるクリアランス c が所定値以下であるか否かに基づいて判定したが限定されず、所定の基準として、所定値未満であるか否かに基づいて判定しても良い。同様に、所定の基準として、所定値以上または所定値超えであるか否かに基づいて、ステップ ST414 の「Yes」と「No」を入れ替えても良い。これらの場合であっても、所定値としては、任意の値に設定可能である。

[0150] 例えば上述した実施形態による機械式継手の測定方法において、ハンディ型 3D スキャナに適用する形状計測ソフトウェアやハイエンド CAD などを用いて、手動または自動で実行可能である。自動で実行する場合には、形状

測定装置 20 の制御部 21 によるソフトウェアプログラムを用いて実行可能である。これにより、機械式継手の測定方法のより一層の効率化を実現できる。

産業上の利用可能性

[0151] 本発明は、鋼管どうしの接合に適用して好適なものである。

符号の説明

- [0152] 1, 1A 機械式継手計測システム
2 ネットワーク
10, 10A, 10B, 10C 機械式継手
11, 11A, 11B, 11C 雌継手
11Ca, 12Ca 通孔
12, 12A, 12B, 12C 雄継手
12Cb 段差
13, 13A 内嵌凸部
13Aa 内嵌溝部
13Ab 内嵌谷部
13B リング部材
14, 14A 外嵌凸部
14Aa 外嵌溝部
14Ab 外嵌谷部
15, 16 管
17 荷重伝達キ一部
17B, 18B 環状溝
17a ねじ孔
17b 接合用ねじ
17c 接合部材
18 キー溝
19 回転抑止キー

1 9 B 貫通孔
2 0, 2 0 A 形状測定装置
2 1, 3 1, 4 1 制御部
2 2, 3 2, 4 2 記憶部
2 3, 3 3, 4 3 入出力部
2 4, 3 4, 4 4 通信部
3 0 A 計測端末
3 5 計測部
4 0, 4 0 A 凹凸加工装置
4 5 凹凸加工部
2 1 1 形状演算部
2 1 2 判定部
2 2 1 形状データベース
2 2 2 管種データベース
3 1 1 計測制御部
4 1 1 加工制御部

請求の範囲

- [請求項1] 雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対して前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する形状測定方法であって、
- 前記雄継手と前記雌継手とのそれぞれの凹凸形状のデータに基づいて、前記雄継手と前記雌継手との接合が完了した接合完了状態を設定する接合完了状態設定ステップと、
- 前記接合完了状態において、前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部に対応する前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する干渉解析ステップと、
- を備える
- 形状測定方法。
- [請求項2] 前記干渉解析ステップにおいて測定された干渉レベルに基づいて、前記機械式継手の組に関して合否を判定するステップと、
- 前記干渉解析ステップにおいて測定された干渉レベルに基づいて干渉部分と判定された箇所に対して、前記干渉部分の情報を付与する干渉情報付与ステップと、の少なくとも一方のステップを備える
- 請求項1に記載の形状測定方法。
- [請求項3] 雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対し、前記雄継手の凹凸形状と前記雌継手の凹凸形状とをそれぞれ計測する形状計測工程と、
- 前記形状計測工程において計測された凹凸形状のデータに基づいて、請求項1または2に記載の形状測定方法によって、前記機械式継手の組ごとに干渉レベルを解析する形状測定工程と、
- を備える
- 機械式継手の測定方法。
- [請求項4] 雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組を製造する機械式継手の製造方法であって、

機械式継手を製造する継手製造工程と、

前記継手製造工程によって作成された雄継手と雌継手とを有する前記機械式継手の組に対し、請求項3に記載の機械式継手の測定方法を実行する継手計測工程と、

を備える

機械式継手の製造方法。

[請求項5]

雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対する品質を管理する機械式継手の品質管理方法であって、

前記機械式継手を製造する継手製造工程と、

前記継手製造工程によって作成された前記機械式継手の組に対して、請求項3に記載の機械式継手の測定方法により前記機械式継手の凹凸形状を計測する継手計測工程と、

前記継手計測工程から得られた結果を用いて、前記作成された機械式継手の品質を管理する品質管理工程と、

を備える

機械式継手の品質管理方法。

[請求項6]

雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対して前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する形状測定装置であって、

前記雄継手および前記雌継手のそれぞれの凹凸形状のデータに基づいて、前記雄継手と前記雌継手との接合が完了した接合完了状態を設定する接合完了状態設定処理と、

前記接合完了状態において、前記雄継手の凹凸部と前記雄継手の凹凸部に対応する前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析する干渉解析処理と、

を実行する制御部を備える

形状測定装置。

[請求項7]

さらに、通信部を備え、

前記通信部は、前記制御部によって、

前記雄継手および前記雌継手のそれぞれの凹凸形状のデータの取得処理と、前記干渉解析処理によって得られた干渉レベルに関する情報の出力処理との少なくとも一方を実行する

請求項 6 に記載の形状測定装置。

[請求項 8]

雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対して、前記雄継手の凹凸形状と前記雌継手の凹凸形状とのそれぞれを計測可能に構成された計測部と、

前記計測部によって計測された前記凹凸形状のデータに基づいて、前記機械式継手の組ごとに干渉レベルを解析する、請求項 6 または 7 に記載の形状測定装置と、

を備える

機械式継手の計測システム。

[請求項 9]

雄継手と前記雄継手に対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対して、前記雄継手の凹凸部と前記雌継手の凹凸部との間の干渉レベルを解析可能に構成され、制御部によって制御される計測端末であって、

前記制御部の制御によって、前記雄継手の凹凸形状と前記雌継手の凹凸形状とをそれぞれ計測する計測部と、

前記制御部の制御によって、計測された前記凹凸形状をデータとして請求項 6 に記載の形状測定装置に出力する出力処理、および前記形状測定装置から、前記雄継手および前記雌継手の組ごとに前記干渉レベルに関する情報を取得する取得処理の少なくとも一方の処理を実行する、通信部と、

前記制御部の制御によって、取得した前記情報を予め定められた形式によって出力可能な出力部と、

を備える

計測端末。

- [請求項10] 前記制御部は、
取得した前記干渉レベルに関する前記情報と所定の基準とに基づいて、前記機械式継手の組に関して合否を判定する処理と、
取得した前記干渉レベルに関する前記情報と所定の基準とに基づいて干渉部分と判定された箇所に対して、前記干渉部分の情報を付与する干渉情報付与処理と、の少なくとも一方の処理を実行する
請求項9に記載の計測端末。
- [請求項11] 請求項9に記載の計測端末と、
前記計測端末によって計測された凹凸形状のデータに基づいて、前記機械式継手の組ごとに干渉レベルを解析する請求項6に記載の形状測定装置と、
を備える
機械式継手の計測システム。
- [請求項12] 雄継手と前記雄継手と対応した雌継手とを有する機械式継手の組に対する機械式継手の品質を管理する、機械式継手の品質管理方法であって、
請求項6または7に記載の形状測定装置の制御部により実行される干渉解析処理から得られた干渉レベルに関する情報を用いて、前記機械式継手の組に対する品質を管理する
機械式継手の品質管理方法。