

明 細 書

発明の名称 : 目違い計算システム

技術分野

[0001] 本発明は、鋼管の端部同士を突き合わせて溶接する際の目違いを算出する目違い計算システムに関する。詳しくは、突き合わせ溶接する際の目違いを数値化して評価できる目違い計算システムに関する。

[0002] なお、別に記載がない限り、本明細書における用語の定義は次のとおりである。

「目違い」：第1鋼管の端部と第2鋼管の端部とを突き合わせた際に、第1鋼管の端部外面形状と第2鋼管の端部外面形状とに生じるずれと、第1鋼管の端部内面形状と第2鋼管の端部内面形状とに生じるずれとを意味する。

背景技術

[0003] 石油や天然ガス等を輸送するパイプラインは、鋼管の端部同士を突き合わせて溶接することにより連結管を作製して敷設される。その際、一方の鋼管の端部における外面形状および内面形状と、他方の鋼管の端部における外面形状および内面形状とは完全に一致することなく、ずれが生じ、すなわち、目違いが生じる。その目違いは、一定の品質基準で管理されて製造された鋼管が、品質基準の範囲内で端部の外径、内径および肉厚が周方向で変化することによって生じる。また、品質基準の範囲内における外面形状および内面形状の楕円化や偏肉によって生じる。

[0004] 突き合わせ溶接された溶接部で目違いが大きいと、パイプラインで溶接部を起点とした破断の原因となる。破断の危険性を最小とするためには、目違いを最小限に留めることが必要となる。しかし、鋼管の端部同士を突き合わせて溶接する際の目違いは、通常、目視により確認するのみである。

[0005] 突き合わせ溶接する際の目違いに関し、従来から種々の提案がなされており、例えば、特許文献1がある。特許文献1は、リールパージ法によるパイプラインの敷設において、突き合わせ溶接された連結管を曲げてドラムに巻

き取る際、目違い等に起因する連結管の座屈の発生を防止することを目的とする。特許文献1には、突き合わせ溶接される第1鋼管および第2鋼管として、それらの端部における外径差、内径差および降伏強度差が所定の関係式を満たす鋼管を準備することが提案されている。これにより、外面目違い、内面目違いおよび強度に起因した座屈の発生を抑制できるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2006-281217号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 前述の通り、鋼管の端部同士を突き合わせて溶接する際に目違いを最小とすることが必要となるが、通常、目視により目違いを確認するのみである。このため、目違いを数値化して評価すること、さらには目違いを最小として破断の危険性を低減することが望まれている。

[0008] 前記特許文献1では、外径差および内径差が所定の関係式を満たす鋼管を準備することにより目違いを管理する。しかしながら、外径および内径が同じ寸法の鋼管であっても、鋼管の外面形状または内面形状が楕円化等で変形する場合があります、それにより目違いが生じる。したがって、外径差および内径差が所定の関係式を満たす鋼管を準備する場合でも、目違いを数値化して評価すること、さらには目違いを最小として破断の危険性を低減することが望まれる。

[0009] 本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、突き合わせ溶接する際の目違いを数値化して評価できる目違い計算システムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明の要旨は、次の通りである：

[0011] (1) 第1の鋼管の端部と第2の鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の

目違い量を、予め第1の鋼管の端部について第1角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータと、予め第2の鋼管の端部について第2角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータとを用いて算出する目違い計算器を備える目違い計算システムであって、前記目違い計算器が、前記第1角度基準と前記第2角度基準とがなす角度を入力された角度にするとともに、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータの中心と第2の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータの中心とを一致させた状態での前記目違い量を算出することを特徴とする目違い計算システム。

[0012] (2) 第1の鋼管の端部と第2の鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の目違い量を、予め第1の鋼管の端部について第1角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータと、予め第2の鋼管の端部について第2角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータとを用いて算出する目違い計算器を備える目違い計算システムであって、前記目違い計算器が、前記第1角度基準と前記第2角度基準とがなす角度を入力された角度にするとともに、第1の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの中心と第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの中心とを一致させた状態での前記目違い量を算出することを特徴とする目違い計算システム。

[0013] (3) 第1の鋼管の端部と第2の鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の目違い量を、予め第1の鋼管の端部について第1角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータと、予め第2の鋼管の端部について第2角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータとを用いて算出する目違い計算器を備える目違い計算システムであって、前記目違い計算器が、第1の鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第1角度回転させ、かつ、第2の鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第2角度回転させるとともに、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータの底位置と第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイ

ルデータの底位置とを一致させた状態での前記目違い量を算出することを特徴とする目違い計算システム。

[0014] (4) 上記(1)または(2)に記載の目違い計算システムが、さらに、前記目違い計算器を用いて所定の角度ごとに目違い量を算出し、目違い量が最小となる角度を求める角度算出器を備えることを特徴とする目違い計算システム。

[0015] (5) 上記(3)に記載の目違い計算システムが、さらに、前記第1角度を所定の第3角度ごとに変化させるとともに、変化させる前記第1角度の各角度において第2角度を所定の第4角度ごとに変化させつつ前記目違い計算器を用いて目違い量を算出し、目違い量が最小となる前記第1角度および前記第2角度を求める角度算出器を備えることを特徴とする目違い計算システム。

[0016] (6) 前記目違い量が、第1の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータ、および、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータを用いて算出され、下記(a)、(b)または(c)に記載の項目であることを特徴とする上記(1)～(5)に記載の目違い計算システム。

(a) 突き合わせた際に非接触となる部分の面積

(b) 突き合わせた際に非接触となる部分の径方向長さの最大値

(c) 前記第1の鋼管の端部または前記第2の鋼管の端部の面積に対して突き合わせた際に非接触となる領域の面積が占める割合

[0017] (7) 前記目違い量が、第1の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータを用いて算出され、下記(d)、(e)または(f)に記載の項目であることを特徴とする上記(1)～(5)に記載の目違い計算システム。

(d) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域の面積

(e) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域における径方

向長さの最大値

(f) 前記第1の鋼管の端部または前記第2の鋼管の端部の面積に対して突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域の面積が占める割合

[0018] (8) 前記目違い量が、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータを用いて算出され、下記(g)、(h)または(i)に記載の項目であることを特徴とする上記(1)～(5)に記載の目違い計算システム。

(g) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域の面積

(h) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域における径方向長さの最大値

(i) 前記第1の鋼管の端部または前記第2の鋼管の端部の面積に対して突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域の面積が占める割合

[0019] (9) 上記(4)～(8)のいずれかに記載の目違い計算システムが、さらに、複数の鋼管で構成される鋼管群から2本の鋼管を選択して突き合わせる際の全組み合わせについて、前記角度算出器を用いて目違い量が最小となる角度データおよび該角度データでの目違い量を求める処理を行うことにより目違いデータ群を生成するデータ生成器と、入力された順および向きで複数の鋼管を突き合わせる際の各突き合わせ部の目違い量を合計した値を、前記目違いデータ群を用いて算出する合計算出器と、前記鋼管群を順に突き合わせて連結管とする際の順および向きの全組み合わせについて前記合計算出器を用いて目違い量の合計を算出し、目違い量の合計が最小となる順、向きおよび角度データを求める演算器を備えることを特徴とする目違い計算システム。

[0020] (10) 上記(1)～(3)のいずれかに記載の目違い計算システムが、さらに、前記目違い計算器を用いて算出された目違い量について設定された閾値を用いて合否を判定する判定器を備えることを特徴とする目違い計算システム。

[0021] 本発明において「角度データ」とは、上記(1)の外面形状の中心同士を

一致させる実施形態および上記（２）の内面形状の中心同士を一致させる実施形態では、目違い量が最小となる角度（第１角度基準と第２角度基準とがなす角度）を意味し、上記（３）の外表面形状の底位置同士を一致させる実施形態では、目違い量が最小となる第１角度および第２角度を意味する。

発明の効果

[0022] 本発明の目違い計算システムは、下記の顕著な効果を有する。

（１）鋼管の端部同士を突き合わせ溶接する際の目違いを数値化して評価できる。

（２）上記（１）により、目違いが最小となる角度を求めることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]図１は、目違い算出器により目違い量を算出する手順の一例を説明する図であり、図１（a）は第１鋼管のプロファイルデータを補間する手順、図１（b）は第２鋼管のプロファイルデータを補間する手順、図１（c）は第１鋼管の補間された図形を平行移動する手順、図１（d）は第２鋼管の補間された図形を平行移動する手順、図１（e）は第１鋼管の補間された図形を回転移動する手順、図１（f）は第２鋼管の補間された図形を回転移動する手順をそれぞれ示す。

[図2]図２は、本発明で規定する目違い量を説明する図である。

[図3]図３は、本発明の目違い計算システムの実施形態であって、連結管における目違い量の合計が最小となる鋼管の順、向きおよび角度を演算するシステムの処理例を表すフローチャートであり、図３（a）は主処理、図３（b）は合計算出器をそれぞれ示す。

発明を実施するための形態

[0024] １．目違い算出器

本発明の目違い計算システムは、第１鋼管の端部と第２鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の目違い量を算出する目違い計算器を備える。その目違い計算器は、鋼管の端部における内面形状および外面形状のいずれか一方または両方を示すプロファイルデータを用いて目違い量を算出する。これは

、目違いを最小にするためには、鋼管の外径または内径だけでは不十分であり、楕円化等による鋼管の外形状または内形状の変形を考慮する必要があるからである。

[0025] プロファイルデータは、鋼管の端部における全周の外形状および内形状のいずれか一方または両方を示す点群データである。点群データとして、例えば、複数の測定点で構成され、その測定点が角度（ θ ）とその角度における測定中心からの距離（ r ）とで表現される点群データを用いることができる。より具体的には、隣り合う測定点の角度間隔が 1° であるプロファイルデータを用いることができる。

[0026] プロファイルデータは、形状測定機により測定することができる。測定によりプロファイルデータを作成する際には、角度基準（ $\theta = 0^\circ$ の基準）を設定する。また、突き合わせ溶接時に鋼管の角度の基準を容易に把握するため、鋼管の端部に角度基準の位置（ $\theta = 0^\circ$ の位置）を表記しておくのが好ましい。

[0027] 実際に鋼管の端部同士を突き合わせ溶接する際には、第1鋼管と第2鋼管との外形状の中心同士を一致させる方式、第1鋼管と第2鋼管との内形状の中心同士を一致させる方式、および、第1鋼管と第2鋼管との外形状の底位置同士を一致させる方式が多用される。このため、本発明の目違い計算システムが備える目違い計算器は、外形状の中心同士を一致させる実施形態、内形状の中心同士を一致させる実施形態または外形状の底位置同士を一致させる実施形態を採用できる。

[0028] 外形状の中心同士を一致させる実施形態では、目違い計算器が、第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度を入力された角度にするとともに、第1鋼管の端部における外形状を示すプロファイルデータの中心と第2鋼管の端部における外形状を示すプロファイルデータの中心とを一致させた状態での目違い量を算出する。

[0029] ここで、第1鋼管の端部と第2鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の目違い量は、第1鋼管の軸心回りの角度と第2鋼管の軸心回りの角度とによ

って変動する。このため、目違い計算器は、第1鋼管の端部のプロファイルデータを回転させる第1角度および第2鋼管の端部のプロファイルデータを回転させる第2角度を入力可能にするのが好ましい。

[0030] しかし、外面形状の中心同士を一致させる実施形態では、第1角度および第2角度によらず、第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度が同じであれば、目違い量が同じ値になる。このため、本実施形態では、第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度を設定できるように角度を入力すれば良い。例えば、第1角度および第2角度を入力し、入力された第1角度および第2角度から第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度を求め、その角度の値を目違い計算器に入力する方式を採用することもできる。

[0031] また、内面形状の中心同士を一致させる実施形態では、目違い計算器が、第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度を入力された角度にするとともに、第1鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの中心と第2鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの中心とを一致させた状態での目違い量を算出する。この実施形態でも、第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度が同じであれば、目違い量が同じ値になる。このため、第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度を設定できるように角度を入力すれば良い。例えば、第1角度および第2角度を入力し、入力された第1角度および第2角度から第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度を求め、その角度の値を目違い計算器に入力する方式を採用することもできる。

[0032] 外面形状の底位置同士を一致させる実施形態では、目違い計算器が、第1鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第1角度回転させ、かつ、第2鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第2角度回転させるとともに、第1鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータの底位置と第2鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの底位置とを一致させた状態での目違い量を算出する。

[0033] この実施形態では、第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度が同じであっても、第1角度および第2角度によって目違い量が変わる。ここで、底位置とは、鋼管を平面に載置した際に接地する位置を意味し、底位置を一致させるとは、下記図1および図2を参照して説明する手順では $\theta = 270^\circ$ の r 値を同じ値にすることを意味する。

[0034] これらの実施形態を採用できる目違い算出器により目違い量を算出する手順の一例について、下記図1および図2を参照しながら説明する。

[0035] 図1は、目違い算出器により目違い量を算出する手順の一例を説明する図であり、図1(a)は第1鋼管のプロファイルデータを補間する手順、図1(b)は第2鋼管のプロファイルデータを補間する手順、図1(c)は第1鋼管の補間された図形を平行移動する手順、図1(d)は第2鋼管の補間された図形を平行移動する手順、図1(e)は第1鋼管の補間された図形を回転移動する手順、図1(f)は第2鋼管の補間された図形を回転移動する手順をそれぞれ示す。

[0036] 図1を用いて説明する手順は、第1鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第1角度回転させ、かつ、第2鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第2角度回転させる手順である。

[0037] 最初に、第1鋼管における外面形状および内面形状を示すプロファイルデータのうち、目違い量の計算に用いるプロファイルデータについて隣り合う測定点と測定点との間を補間する。補間は、例えば、直線補間、スプライン補間、ベジエ補間、クロソイド補間等の周知の方法により行うことができる。図1(a)には、第1鋼管の端部外面形状を表す図形11および端部内面形状を表す図形12を示す。それらの図形は第1鋼管の端部外面形状および端部内面形状を示すプロファイルデータの測定点31の間をベジエ補間することにより得た。

[0038] 第1鋼管の場合と同様に、第2鋼管における端部外面形状および端部内面形状を示すプロファイルデータのうち、目違い量の計算に用いるプロファイルデータについて、隣り合う測定点と測定点との間を補間する。図1(b)

には、第2鋼管の端部外面形状を表す図形21および端部内面形状を表す図形22を示す。それらの図形は第2鋼管の端部外面形状および端部内面形状を示すプロファイルデータの測定点31の間をベジエ補間することにより得た。

[0039] 補間により得られた第1鋼管の端部形状を表す図形（直線補間の場合は多角形、スプライン補間等の場合は閉じた曲線）を平行移動し、端部外面形状の中心または端部内面形状の中心を極座標の原点に位置させる。図1(c)には、平行移動により端部外面形状の中心を極座標の原点に位置させた第1鋼管の端部外面形状を表す図形11および端部内面形状を表す図形12を実線で、平行移動前の第1鋼管の端部外面形状を表す図形および端部内面形状を表す図形を想像線でそれぞれ示す。ここで、端部外面形状の中心および端部内面形状の中心は、プロファイルデータから近似円を求め、その中心を算出することにより得られる。近似円は、最小2乗法といった公知の方法により求められる。図1(c)には、第1鋼管の端部外面形状の中心11cを黒塗り丸印で示す。

[0040] 第1鋼管の場合と同様に、補間により得られた第2鋼管の端部形状を表す図形を平行移動し、端部外面形状の中心または端部内面形状の中心を極座標の原点に位置させる。図1(d)には、平行移動により端部外面形状の中心を極座標の原点に位置させた第2鋼管の端部外面形状を表す図形21および端部内面形状を表す図形22を実線で、平行移動前の第2鋼管の端部外面形状を表す図形および端部内面形状を表す図形を想像線でそれぞれ示す。また、第2鋼管の端部外面形状の中心21cを黒塗り丸印で示す。

[0041] 平行移動させた第1鋼管の端部形状を表す図形を座標変換により、第1角度回転移動する。図1(e)には、第1角度回転移動した第1鋼管の端部外面形状を表す図形11および端部内面形状を表す図形12を実線で、回転移動前の第1鋼管の端部外面形状を表す図形および端部内面形状を表す図形を想像線でそれぞれ示す。

[0042] 第1鋼管の場合と同様に、平行移動させた第2鋼管の端部形状を表す図形

を座標変換により第2角度回転移動する。図1（f）には、第2角度回転移動とした第2鋼管の端部外面形状を表す図形21および端部内面形状を表す図形21を実線で、回転移動前の第2鋼管の端部外面形状を表す図形および端部内面形状を表す図形を想像線でそれぞれ示す。

[0043] このようにして得られた第1鋼管および第2鋼管の端部形状を表す図形を用いて目違い量を算出する。図1を用いて説明した手順は、第1鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第1角度回転させ、かつ、第2鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第2角度回転させる手順であり、外面形状の底位置同士を一致させる実施形態にそのまま適用できる。

[0044] また、外面形状の中心同士を一致させる実施形態および内面形状の中心同士を一致させる実施形態にも、図1に示す手順の一部を変更すれば適用できる。具体的には、第1角度を 0° とし、入力された角度から第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度が入力された角度となる第2角度を求め、その第1角度および第2角度を用いて図1を用いて説明した手順を実施すればよい。すなわち、第1角度を 0° とすることにより、同図（e）の第1鋼管の図形を回転移動する手順を実質的に省略して実施すればよい。

[0045] また、第2角度を 0° とし、入力された角度から第1鋼管の角度基準と第2鋼管の角度基準とがなす角度が入力された角度となる第1角度を求め、その第1角度および第2角度を用いて図1を用いて説明した手順を実施してもよい。すなわち、第2角度を 0° とすることにより、同図（f）の第2鋼管の図形を回転移動する手順を実質的に省略して実施すればよい。

[0046] このようにして得られた第1鋼管および第2鋼管の端部形状を表す図形を用いて目違い量を算出する。具体的には、第1鋼管および第2鋼管の端部形状を表す図形のいずれか一方をY軸を対称軸にして反転した後（Y軸に対して鏡映変換した後）、反転させた図形と反転処理を行わなかった鋼管の端部形状を表す図形とを重ね合わせる。

[0047] ただし、外面形状の底位置同士を一致させる実施形態では、回転移動させ

た第1鋼管または第2鋼管の端部形状を表す図形を平行移動し、第1鋼管の端部外面形状の底位置 ($\theta = 270^\circ$ の r 値) と第2鋼管の端部外面形状の底位置 ($\theta = 270^\circ$ の r 値) とを一致させた後、重ね合わせる必要となる。

[0048] このように重ね合わせた図形に基づいて目違い量を算出する。目違い量としては、例えば、前記 (a) ~ (i) の項目を採用することができる。各項目について、下記図2を用いて説明する。

[0049] 図2は、本発明で規定する目違い量を説明する図である。図2には第1鋼管の端部外面形状を表す図形11および端部内面形状を表す図形12（以下、単に「第1鋼管の外面形状」および「第1鋼管の内面形状」ともいう）を実線で、第2鋼管の端部外面形状を表す図形21および端部内面形状を表す図形22（以下、単に「第2鋼管の外面形状」および「第2鋼管の内面形状」ともいう）を2点鎖線でそれぞれ示す。図2に示すように、目違いは、第1鋼管の外面側非接触領域13および内面側非接触領域14、並びに、第2鋼管の外面側非接触領域23および内面側非接触領域24で構成される。

[0050] ここで、第1鋼管の外面側非接触領域13は、第1鋼管の端面のうちで第2鋼管と接触しない部分であって、第1鋼管の外面形状11と第2鋼管の外面形状21とで区画される領域である。また、第1鋼管の内面側非接触領域14は、第1鋼管の端面のうちで第2鋼管と接触しない部分であって、第1鋼管の内面形状12と第2鋼管の内面形状22とで区画される領域である。第2鋼管の外面側非接触領域23は、第2鋼管の端面のうちで第1鋼管と接触しない部分であって、第1鋼管の外面形状11と第2鋼管の外面形状21とで区画される領域である。第2鋼管の内面側非接触領域24は、第2鋼管の端面のうちで第1鋼管と接触しない部分であって、第1鋼管の内面形状12と第2鋼管の内面形状22とで区画される領域である。

[0051] 前記 (a) の突き合わせた際に非接触となる部分の面積とは、第1鋼管の外面側非接触領域13および内面側非接触領域14、並びに、第2鋼管の外面側非接触領域23および内面側非接触領域24の面積を合計した値である。

。また、前記（d）の突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域の面積とは、第1鋼管の内面側非接触領域14および第2鋼管の内面側非接触領域24の面積を合計した値である。前記（g）の突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域の面積とは、第1鋼管の外面側非接触領域13および第2鋼管の外面側非接触領域23の面積を合計した値である。

[0052] 前記（c）の第1鋼管の端部または第2鋼管の端部の面積（以下、これらを総称して単に「鋼管の端部面積」ともいう）に対して突き合わせた際に非接触となる領域の面積が占める割合とは、鋼管の端部面積に対して前記（a）の面積が占める割合である。また、前記（f）の鋼管の端部面積に対して突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域の面積が占める割合とは、鋼管の端部面積に対して前記（d）の面積が占める割合である。前記（i）の鋼管の端部面積に対して突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域の面積が占める割合とは、鋼管の端部面積に対して前記（g）の面積が占める割合である。ここで、鋼管の端部面積として、例えば、プロフィールデータから算出される面積や呼び外径および呼び内径から算出される面積、平均外径および平均内径から算出される面積を採用できる。

[0053] 突き合わせた際に非接触となる部分の径方向長さは、前記図2に示すように、外面側の非接触部の長さ w_1 および内面側の非接触部の長さ w_2 で構成される。ここで、外面側の非接触部の長さ w_1 は、第1鋼管の外面形状11から第2鋼管の外面形状21までの径方向の距離である。また、内面側の非接触部の長さ w_2 は、第1鋼管の内面形状12から第2鋼管の内面形状22までの径方向の距離である。

[0054] 前記（b）の突き合わせた際に非接触となる部分の径方向長さは、外面側の非接触部の長さ w_1 および内面側の非接触部の長さ w_2 を合計した値である。その最大値は、 $0 \sim 360^\circ$ まで所定の角度ごとに非接触となる部分の径方向長さを求めた際の最大値である。また、前記（e）の突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域における径方向長さは、内面側の非接触部の長さ w_2 であり、その最大値は、所定の角度ごとに内面側の非接触

部の長さ w_2 を求めた際の最大値である。前記 (h) の突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域における径方向長さは、外面側の非接触部の長さ w_1 であり、その最大値は、所定の角度ごとに外面側の非接触部の長さ w_1 を求めた際の最大値である。

[0055] 前記 (a) ~ (c) の項目は、第1鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータと第2鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータ、および、第1鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータと第2鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータを用いて算出する。また、前記 (d) ~ (f) の項目は、第1鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータと第2鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータを用いて算出する。前記 (g) ~ (i) の項目は、第1鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータと第2鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータを用いて算出する。

[0056] このように鋼管の端部のプロファイルデータを用いて目違い量を計算することにより、目違いを数値化して評価することができる。したがって、連結管の製造において、鋼管の端部同士を突き合わせ溶接するにあたり、本発明の目違い計算システムを用いて目違い量を計算して評価すれば、得られる連結管における破断の危険性を把握することができる。

[0057] 2. 角度算出器

本発明の目違い計算システムは、さらに、目違い量が最小となる角度データを求めるための角度算出器を備えるのが好ましい。これにより、連結管の製造において、鋼管の端部同士を突き合わせ溶接するにあたり、本発明の目違い計算システムを用いて目違い量が最小となる角度データを求め、求めた角度データに基づいて第1鋼管と第2鋼管との角度を調整すれば、目違いを最小にすることができる。その結果、鋼管の端部同士を突き合わせ溶接して作製された連結管で突き合わせ部で破断する危険性を低減できる。

[0058] 外面形状の中心同士を一致させる実施形態および内面形状の中心同士を一致させる実施形態では、角度算出器は、目違い計算器を用いて所定の角度ご

とに目違い量を算出し、目違い量が最小となる角度（第1角度基準と第2角度基準とがなす角度）を求める。この場合、角度算出器は、目違い量が最小となる角度とともにその角度での目違い量を出力するのが好ましい。また、目違い量を算出する角度間隔は、例えば、プロファイルデータにおける隣り合う測定点の角度間隔と同じ角度に設定することができる。

[0059] 外面形状の底位置同士を一致させる実施形態では、角度算出器は、第1角度を所定の第3角度ごとに変化（増加または減少）させるとともに、変化させる第1角度の各角度において第2角度を所定の第4角度ごとに変化（増加または減少）させつつ目違い計算器を用いて目違い量を算出し、目違い量が最小となる第1角度および第2角度を求める。この場合、角度算出器は、目違い量が最小となる第1角度および第2角度とともに、その第1角度および第2角度での目違い量を出力するのが好ましい。また、目違い量を算出する角度間隔、すなわち、所定の第3角度および所定の第4角度は、例えば、プロファイルデータにおける隣り合う測定点の角度間隔と同じ角度に設定することができる。

[0060] 3. 鋼管の順、向きおよび角度の演算

次に、本発明の目違い計算システムの実施形態であって、鋼管群を連結管とする際に目違い量の合計が最小となる鋼管の順、向きおよび角度データを演算するシステムについて下記図3を参照しながら説明する。

[0061] 図3は、本発明の目違い計算システムの実施形態であって、連結管における目違い量の合計が最小となる鋼管の順、向きおよび角度を演算するシステムの処理例を表すフローチャートであり、図3（a）は主処理、図3（b）は合計算出器をそれぞれ示す。図中のS1～S17およびS21～S24は処理ステップを表す。

[0062] ここで、図3に示す処理例では、 i 本の鋼管からなる鋼管群において目違い量の合計が最小となる鋼管の順、向きおよび角度を演算するものとする。この i 本の鋼管には、1～ i までの索引番号が割り振られ、それぞれの鋼管の一方の管端には索引番号1が他方の管端には索引番号2が割り振られてい

るものとする。また、本説明では、目違い計算器は、外面形状の中心を一致させて目違い量を算出するものとし、角度算出器は、 1° ごとに目違い量を算出し、角度データとして目違い量が最小となる角度（第1角度基準と第2角度基準とがなす角度）を求めるものとする。

[0063] 図3(a)に示す主処理では、最初に、データ生成器によって、鋼管群から2本の鋼管を選択して突き合わせる際の全組み合わせについて、角度算出器を用いて目違い量が最小となる角度（角度データ）およびその角度（角度データ）での目違い量を求める処理を行うことにより目違いデータ群を生成する。図3に示す処理例ではS1～S10がデータ生成器に該当する。データ生成器では、角度算出器S5およびその結果を目違いデータ群へ収納する処理S6を繰り返して行う。繰り返しは、第1鋼管として選択した鋼管の索引番号を示す変数jを1～i-1、第2鋼管として選択した鋼管の索引番号を示す変数kをj+1～i、第1鋼管の突き合わせる端部の索引番号を示す変数lを1または2、第2鋼管の突き合わせる端部の索引番号を示す変数mを1または2の範囲でそれぞれ変化させて行う。

[0064] このような繰り返し計算によって目違いデータ群（例えば、表や配列）が生成される。表を生成する場合、表の列は、例えば、第1鋼管とした鋼管の索引番号および第1鋼管の突き合わせる端部の索引番号、第2鋼管とした鋼管の索引番号および第2鋼管の突き合わせる端部の索引番号、並びに、目違いが最小となる角度（角度データ）およびその角度（角度データ）での目違い量で構成できる。生成される表の行数は $\{i \times (i - 1) / 2\} \times 4$ となる。

[0065] 次に、演算器によって、目違い量の合計が最小となる鋼管の向き、順序および角度（角度データ）を求める。このデータ演算器による処理は、図3に示す処理例ではS11～S17が該当する。データ演算器は、並べ順データを求める処理S11および並べ順データを用いて目違い量の合計が最小となる条件を求める処理S12～S17で構成される。

[0066] 処理S11では、突き合わせ溶接する際の鋼管の順序および向きの全組み

合わせを求め、並べ順データ（例えば、表や配列）に収納する。並べ順データを表として収納する場合、並べ順表の列は、例えば、1番目に配置する鋼管の索引番号、1番目の鋼管で後側に配置する管端の索引番号、2番目に配置する鋼管の番号、2番目の鋼管で後側に配置する管端の索引番号、・・・、 i 番目に配置する鋼管の番号および i 番目の鋼管で後側に配置する管端の索引番号で構成できる。得られる並べ順表の行数は、 $i! \times 2^{(i-1)}$ となる。ここで、後側に配置する管端とは、 p 番目（ただし、 p は $1 \sim i-1$ の整数）に配置する鋼管の端部のうちで $p+1$ 番目に配置する鋼管の端部と突き合わせられる端部、または、 i 番目に配置する鋼管の端部のうちで突き合わせ溶接が行われない端部である。

[0067] 続いて、処理S12～S16では、並べ順表の各行について合計算出器により目違い量の合計を求める処理S13、および、目違い量の合計が最小の場合に並べ順表の行番号およびその目違い量の合計値を記憶する処理S14～S15を繰り返す。これにより、目違い量の合計が最小となる行番号およびその目違い量の合計が求められる。求めた目違い量の合計が最小となる行番号を用いて並べ順表からデータを読み込めば、目違い量が最小となる鋼管の順および向きが得られる。得られた鋼管の順および向きを用い、目違いデータ群から目違い量が最小となる角度（角度データ）を順に読み込んで付加する。このようにして求められた目違い量の合計が最小となる鋼管の順、向きおよび角度（角度データ）を出力する（S17）。

[0068] 一方、合計算出器は、図3（b）に示すように、目違いデータ群に照会することによって o 番目に配置される鋼管と $o+1$ 番目に配置される鋼管を突き合わせる際の最小の目違い量を取り出す処理S22および目違い量の合計に加算する処理S23を行う。最小の目違い量を取り出す処理S22では、例えば、並べ順表を用いて o 番目に配置される鋼管の索引番号、 o 番目に配置される鋼管の $o+1$ 番目に配置される鋼管と突き合わせられる端部の索引番号、 $o+1$ 番目に配置される鋼管の索引番号および $o+1$ 番目に配置される鋼管の o 番目に配置される鋼管と突き合わせられる端部の索引番号を求め

る。これらを検索条件に用いて目違いデータ群に照会することにより、最小の目違い量を取り出すことができる。

[0069] また、目違い量の合計に加算する処理 S 2 3 では、取り出した最小の目違い量を目違い量の合計を示す変数に加算する。これらの処理を o が 1 から $i - 1$ まで順に行うことにより目違い量の合計を算出する。

[0070] このように本発明の目違い計算システムは、データ生成器、合計算出器および演算器を備えることにより、鋼管群を順に突き合わせて連結管とする際に目違い量の合計が最小となる鋼管の順、向きおよび角度データを求めることができる。したがって、鋼管群から連結管を製造するにあたり、本発明の目違い計算システムを用いて目違い量の合計が最小となる鋼管の順、向きおよび角度データを求め、その結果に基づいて鋼管の順、向きおよび角度を調整して突き合わせ溶接を行えば、得られる連結管の目違いおよび破断の危険性を最小にできる。

[0071] 4. 判定器

一方、本発明の目違い計算システムは、上述の目違い算出器と、目違い計算器を用いて算出された目違い量について設定された閾値を用いて合否を判定する判定器とを備える構成を採用することもできる。これにより、突き合わせ溶接する際に目違い量を容易に閾値以下とすることができる。したがって、連結管の製造において、鋼管の端部同士を突き合わせ溶接するにあたり、本発明の目違い計算システムを用いて目違い量を判定し、第 1 鋼管と第 2 鋼管とを目違い量が閾値以下となる角度に調整すれば、得られる連結管の品質を向上できる。閾値は、目違い量として算出する項目や鋼管の寸法、連結管に要求される耐溶接部破断性に応じて適宜設定することができる。

[0072] 以上に説明した本発明の目違い計算システムは、例えば、上述した処理を行うプログラムと、コンピュータとで実現することができる。コンピュータは、データ入力部（例えば、キーボードやマウス）と、そのデータ入力部が接続されたデータ処理部（CPU やメモリ等）と、データ処理部と接続されたデータ記憶部（大容量メモリ）と、データ処理部と接続され処理結果

表示部（モニタディスプレイ）とで構成できる。

産業上の利用可能性

[0073] 本発明の目違い計算システムは、下記の顕著な効果を有する。

（１）鋼管の端部同士を突き合わせ溶接する際の目違いを数値化して評価できる。

（２）上記（１）により、目違いが最小となる角度を求めることができる。

[0074] このような本発明の目違い計算システムを連結管の製造に用いれば、得られる連結管で破断の危険性を低減でき、連結管の品質向上に大きく寄与することができる。

符号の説明

[0075] 1 1 : 第１鋼管の外表面形状を表す図形、
1 1 c : 第１鋼管の外表面形状の中心、
1 2 : 第１鋼管の内表面形状を表す図形、
1 3 : 第１鋼管の外表面側非接触領域、
1 4 : 第１鋼管の内表面側非接触領域、
2 1 : 第２鋼管の外表面形状を表す図形、
2 1 c : 第２鋼管の外表面形状の中心、
2 2 : 第２鋼管の内表面形状を表す図形、
2 3 : 第２鋼管の外表面側非接触領域、
2 4 : 第２鋼管の内表面側非接触領域、
3 1 : プロファイルデータの測定点、
w 1 : 外表面側の非接触部の長さ、
w 2 : 内表面側の非接触部の長さ

請求の範囲

[請求項1] 第1の鋼管の端部と第2の鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の目違い量を、予め第1の鋼管の端部について第1角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータと、予め第2の鋼管の端部について第2角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータとを用いて算出する目違い計算器を備える目違い計算システムであって、

前記目違い計算器が、前記第1角度基準と前記第2角度基準とがなす角度を入力された角度にするとともに、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータの中心と第2の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータの中心とを一致させた状態での前記目違い量を算出することを特徴とする目違い計算システム。

[請求項2] 第1の鋼管の端部と第2の鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の目違い量を、予め第1の鋼管の端部について第1角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータと、予め第2の鋼管の端部について第2角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータとを用いて算出する目違い計算器を備える目違い計算システムであって、

前記目違い計算器が、前記第1角度基準と前記第2角度基準とがなす角度を入力された角度にするとともに、第1の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの中心と第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの中心とを一致させた状態での前記目違い量を算出することを特徴とする目違い計算システム。

[請求項3] 第1の鋼管の端部と第2の鋼管の端部とを突き合わせて溶接する際の目違い量を、予め第1の鋼管の端部について第1角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータと、予め第2の鋼管の端部について第2角度基準を設定して周方向に測定したプロファイルデータとを用いて算出する目違い計算器を備える目違い計算システムであって、

て、

前記目違い計算器が、第1の鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第1角度回転させ、かつ、第2の鋼管の端部におけるプロファイルデータを入力された第2角度回転させるとともに、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータの底位置と第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータの底位置とを一致させた状態での前記目違い量を算出することを特徴とする目違い計算システム。

[請求項4] 請求項1または2に記載の目違い計算システムが、さらに、前記目違い計算器を用いて所定の角度ごとに目違い量を算出し、目違い量が最小となる角度を求める角度算出器を備えることを特徴とする目違い計算システム。

[請求項5] 請求項3に記載の目違い計算システムが、さらに、前記第1角度を所定の第3角度ごとに変化させるとともに、変化させる前記第1角度の各角度において第2角度を所定の第4角度ごとに変化させつつ前記目違い計算器を用いて目違い量を算出し、目違い量が最小となる前記第1角度および前記第2角度を求める角度算出器を備えることを特徴とする目違い計算システム。

[請求項6] 前記目違い量が、第1の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータ、および、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータを用いて算出され、下記（a）、（b）または（c）に記載の項目であることを特徴とする請求項1～5に記載の目違い計算システム。

（a）突き合わせた際に非接触となる部分の面積

（b）突き合わせた際に非接触となる部分の径方向長さの最大値

（c）前記第1の鋼管の端部または前記第2の鋼管の端部の面積に対

して突き合わせた際に非接触となる領域の面積が占める割合

[請求項7]

前記目違い量が、第1の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における内面形状を示すプロファイルデータを用いて算出され、下記(d)、(e)または(f)に記載の項目であることを特徴とする請求項1～5に記載の目違い計算システム。

(d) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域の面積

(e) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域における径方向長さの最大値

(f) 前記第1の鋼管の端部または前記第2の鋼管の端部の面積に対して突き合わせた際に非接触となる部分のうちの内面側領域の面積が占める割合

[請求項8]

前記目違い量が、第1の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータと第2の鋼管の端部における外面形状を示すプロファイルデータを用いて算出され、下記(g)、(h)または(i)に記載の項目であることを特徴とする請求項1～5に記載の目違い計算システム。

(g) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域の面積

(h) 突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域における径方向長さの最大値

(i) 前記第1の鋼管の端部または前記第2の鋼管の端部の面積に対して突き合わせた際に非接触となる部分のうちの外面側領域の面積が占める割合

[請求項9]

請求項4～8のいずれかに記載の目違い計算システムが、さらに、複数の鋼管で構成される鋼管群から2本の鋼管を選択して突き合わせの際の全組み合わせについて、前記角度算出器を用いて目違い量が最小となる角度データおよび該角度データでの目違い量を求める処理を行うことにより目違いデータ群を生成するデータ生成器と、

入力された順および向きで複数の鋼管を突き合わせる際の各突き合わせ部の目違い量を合計した値を、前記目違いデータ群を用いて算出する合計算出器と、

前記鋼管群を順に突き合わせて連結管とする際の順および向きの全組み合わせについて前記合計算出器を用いて目違い量の合計を算出し、目違い量の合計が最小となる順、向きおよび角度データを求める演算器を備えることを特徴とする目違い計算システム。

[請求項10]

請求項1～3のいずれかに記載の目違い計算システムが、さらに、前記目違い計算器を用いて算出された目違い量について設定された閾値を用いて合否を判定する判定器を備えることを特徴とする目違い計算システム。