

明 細 書

発明の名称：

セグメント真円度測定装置およびセグメント真円度測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、セグメント真円度測定装置およびセグメント真円度測定方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、トンネルを構築する方法として、シールド掘進機によりトンネルを掘り進めるとともに、シールド掘進機内部でセグメントをリング状に組み立てることにより、円形のトンネルを連続的に構築するシールド工法が知られている。このシールド工法において、シールド掘進機が掘進しながらトンネル内にセグメントをリング状に組み立てる際に、既設セグメントの組立誤差（真円度）や形状を把握して次のセグメントの組み立てを修正する必要がある。このため、従来では、既設セグメントの形状や真円度を把握する方法として、たとえば、特許第2820011号公報に開示されているような種々の方法が提案されている。

[0003] 特許第2820011号公報には、エレクタ装置に設けられた複数のセンサにより、セグメントの内周面までの距離を計測することによって、既設セグメント（セグメントリング）の形状を把握する既設セグメント形状の把握方法が開示されている。具体的には、この既設セグメント形状の把握方法は、複数のセンサにより計測されたセグメントの内周面までの距離とセンサの旋回角度とに基づいて、セグメントの内周面上の複数の位置の座標を求めるとともに、セグメントの中心とセンサの旋回中心（エレクタ装置の旋回中心）との偏心量に基づいて既設セグメントの形状を楕円近似することにより既設セグメント（セグメントリング）の形状を把握するように構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第2820011号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許第2820011号公報に記載のような従来のエレクトラ装置では、セグメントを把持して組み立てを行う装置が配置されているため、必ずしもエレクトラ装置の重心が旋回中心ではなく、エレクトラ装置の旋回中心は偏心している（旋回軸が振れている）場合が多いと考えられる。このような場合に、特許第2820011号公報の既設セグメント形状の把握方法を用いると、エレクトラ装置に設けられたセンサによる距離計測値に、エレクトラ装置の旋回中心の偏心に起因する誤差が含まれることになるため、その誤差を含む距離計測値に基づいて既設セグメントの形状把握のための演算を行ったとしても、既設セグメント（セグメントリング）の形状を精度よく把握することは困難であると考えられる。このため、特許第2820011号公報により把握された既設セグメント形状に基づいてセグメントの真円度を取得する場合にも、既設セグメント（セグメントリング）の真円度を精度よく取得することが困難であるという問題点があると考えられる。

[0006] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の1つの目的は、エレクトラ旋回部の旋回中心が偏心している場合でも、セグメントリングの真円度を精度よく取得することが可能なセグメント真円度測定装置およびセグメント真円度測定方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するために、この発明の第1の局面におけるセグメント真円度測定装置は、旋回中心が偏心しているエレクトラ旋回部の旋回角度を検出する角度検出器と、エレクトラ旋回部に互いに異なる角度位置で配置され、セグメントがリング状に組み立てられたセグメントリングの内面までの距離を計測する3個以上の距離計と、角度検出器により検出された角度と、3個以

上の距離計により計測された距離とに基づいて、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正する補正手段とを備えている。

[0008] この発明の第1の局面によるセグメント真円度測定装置では、上記のように、角度検出器により検出された角度と、エレクトラ旋回部に互いに異なる角度位置で配置された3個以上の距離計により計測された距離とに基づいて、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正する補正手段を設けることによって、エレクトラ旋回部の旋回中心が偏心している場合でも、補正手段により、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正して旋回中心の偏心に起因する距離計測値の誤差の影響を小さくすることができるので、その距離計測値に基づいて、セグメントリングの真円度を精度よく取得することができる。また、エレクトラ旋回部に距離計を配置することにより、エレクトラ旋回部をセグメントリングの距離計測用としても流用することができるので、旋回中心が偏心しているエレクトラ旋回部とは別個に旋回中心が偏心していない計測専用の旋回部を設ける必要がない。これにより、スペース上の制約が多いシールド掘進機の内部に計測専用の旋回部を配置するための専用のスペースを別途確保する必要がない。

[0009] 上記第1の局面によるセグメント真円度測定装置において、好ましくは、3個以上の距離計は、エレクトラ旋回部に、等角度間隔または線対称になるように円周状に異なる角度位置で配置されている。このように構成すれば、3個以上の距離計を、エレクトラ旋回部の旋回中心に対してバランスよく円周状に配置することができるので、補正手段により、角度検出器により検出された角度と、バランスよく円周状に配置された3個以上の距離計により計測された距離とに基づいて、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれをより精度よく補正することができる。その結果、セグメントリングの真円度をより精度よく取得することができる。

[0010] 上記第1の局面によるセグメント真円度測定装置において、好ましくは、補正手段は、エレクトラ旋回部の同じ旋回角度における3個以上の距離計による距離計測値に基づいて平均化することによって、エレクトラ旋回部の旋回中

心の偏心による位置ずれを補正するように構成されている。このように構成すれば、補正手段により距離計測値に基づいた平均化を行うだけで、複雑な演算を行うことなく容易に、エレクトラ旋回部の同じ旋回角度（所定の旋回角度）における旋回中心の偏心による位置ずれを補正することができるので、容易に、セグメントリングの真円度を精度よく取得することができる。

[0011] この場合、好ましくは、補正手段は、3個以上の距離計による各々の距離計測値に、それぞれ、予め取得されたエレクトラ旋回部の旋回中心から各々の距離計の取り付け位置までの取付距離を加算することにより、各々の距離計に対応する旋回中心からセグメントリングの内面までの距離を求めて平均化することにより平均距離を算出することによって、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するように構成されている。このように構成すれば、補正手段により、エレクトラ旋回部の同じ旋回角度（所定の旋回角度）における平均距離を算出するだけで、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれが補正されるので、所定の旋回角度におけるエレクトラ旋回部の旋回中心からセグメントリングの内面までの距離値を容易に精度よく求めることができる。その結果、セグメントリングの真円度をより精度よく取得することができる。

[0012] 上記補正手段が平均距離を算出する構成において、好ましくは、補正手段は、平均距離をエレクトラ旋回部の所定の旋回角度ごとに算出することによりエレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを所定の旋回角度ごとに補正し、さらに、所定の旋回角度ごとに算出した複数の平均距離を複数のX Y座標値に変換するとともに複数のX Y座標値に基づいてセグメントリングの中心位置を補正することによってセグメントリングの真円度を取得するように構成されている。このように構成すれば、補正手段により、エレクトラ旋回部の所定の旋回角度ごとに旋回中心の偏心による位置ずれが補正されるので、所定の旋回角度ごとにエレクトラ旋回部の旋回中心からセグメントリングの内面までの距離を精度よく求めてセグメントリングの真円度を精度よく取得することができる。また、補正手段により、所定の旋回角度ごとに算出され

た複数の平均距離をX Y座標値に変換してセグメントリングの中心位置を補正することによって、セグメントリングの中心位置が補正された状態で容易にセグメントリングの真円度の評価を行うことができる。

[0013] この発明の第2の局面におけるセグメント真円度測定方法は、旋回中心が偏心しているエレクタ旋回部の旋回角度を検出するとともに、検出された旋回角度と同じ旋回角度におけるセグメントリングの内面までの距離を、エレクタ旋回部に互いに異なる角度位置で配置された3個以上の距離計により計測するステップと、エレクタ旋回部の同じ旋回角度における3個以上の距離計による距離計測値に基づいて平均化することによって、エレクタ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するステップとを備える。

[0014] この発明の第2の局面によるセグメント真円度測定方法では、上記のように、エレクタ旋回部の同じ旋回角度における3個以上の距離計による距離計測値に基づいて平均化することにより、エレクタ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するステップを設けることによって、エレクタ旋回部の旋回中心が偏心している場合でも、旋回中心の偏心による位置ずれを補正して旋回中心の偏心に起因する距離計測値の誤差の影響を小さくすることができるので、その距離計測値に基づいて、セグメントリングの真円度を精度よく取得することができる。また、エレクタ旋回部に距離計を配置することにより、エレクタ旋回部をセグメントリングの距離計測用としても流用することができるので、旋回中心が偏心しているエレクタ旋回部とは別個に旋回中心が偏心していない計測専用の旋回部を設ける必要がない。これにより、スペース上の制約が多いシールド掘進機の内部に計測専用の旋回部を配置するための専用のスペースを別途確保する必要がない。また、エレクタ旋回部の同じ旋回角度における3個以上の距離計による距離計測値に基づいて平均化することにより、エレクタ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するステップを設けることによって、距離計測値に基づいた平均化を行うだけで、複雑な演算を行うことなく容易に、エレクタ旋回部の同じ旋回角度（所定の旋回角度）における旋回中心の偏心による位置ずれを補正することがで

きるので、容易に、セグメントリングの真円度を精度よく取得することができる。

- [0015] 上記第2の局面によるセグメント真円度測定方法において、好ましくは、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するステップは、3個以上の距離計による各々の距離計測値に、それぞれ、予め取得されたエレクトラ旋回部の旋回中心から各々の距離計の取り付け位置までの取付距離を加算することにより、各々の距離計に対応する旋回中心からセグメントリングの内面までの距離を求めて平均化することによって平均距離を算出するとともに、平均距離をエレクトラ旋回部の所定の旋回角度ごとに算出することによって、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを所定の旋回角度ごとに補正するステップを含み、所定の旋回角度ごとに算出した複数の平均距離を複数のX Y座標値に変換するとともに、複数のX Y座標値に基づいてセグメントリングの中心位置を補正することによって、セグメントリングの真円度を取得するステップをさらに備える。このように構成すれば、エレクトラ旋回部の同じ旋回角度（所定の旋回角度）における平均距離を算出するだけで、エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれが補正されるので、所定の旋回角度におけるエレクトラ旋回部の旋回中心からセグメントリングの内面までの距離値を容易に精度よく求めることができる。また、エレクトラ旋回部の所定の旋回角度ごとに旋回中心の偏心による位置ずれが補正されるので、所定の旋回角度ごとにエレクトラ旋回部の旋回中心からセグメントリングの内面までの距離値を精度よく求めてセグメントリングの真円度を精度よく取得することができる。また、補正手段により、所定の旋回角度ごとに算出された複数の平均距離をX Y座標値に変換してセグメントリングの中心位置を補正することによって、セグメントリングの中心位置が補正された状態で容易にセグメントリングの真円度の評価を行うことができる。

発明の効果

- [0016] 本発明によれば、上記のように、エレクトラ旋回部の旋回中心が偏心している場合でも、セグメントリングの真円度を精度よく取得することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置の全体構成を示したブロック図である。

[図2]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置が適用されるシールド掘進機を示した概略図である。

[図3]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置の4つの距離計の配置状態を示した図である。

[図4]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置の真円度取得処理を示したフローチャートである。

[図5]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置においてエレクトラ装置の基本姿勢（旋回角度0度）の状態を示した概略図である。

[図6]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置においてエレクトラ装置の旋回角度が90度の状態を示した概略図である。

[図7]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置においてエレクトラ装置の旋回角度が270度の状態を示した概略図である。

[図8]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置におけるエレクトラ装置の旋回中心からセグメントリング内面までの距離とその平均距離とを説明するための図である。

[図9]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置においてセグメントリングの中心位置を補正する前の状態を示した図である。

[図10]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置においてセグメントリングの中心位置を補正した後の状態を示した図である。

[図11]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置の距離計を3つにした第1変形例を示した図である。

[図12]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置の複数の距離計を線対称に配置した第2変形例を示した図である。

[図13]本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置のエレクトラ装置を本体部の外側から支持した第3変形例を示した図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0019] 図１～図３を参照して、本発明の一実施形態によるセグメント真円度測定装置１００の構成について説明する。

[0020] セグメント真円度測定装置１００（図１参照）は、図２に示すように、シールド掘進機１０が掘進しながらトンネル内にセグメント１１０aをリング状に組み立てる際に、セグメントリング（既設セグメント）１１０の組立誤差（真円度）を取得する装置である。シールド掘進機１０は、大口徑（直径１０m以上）のシールド掘進機であり、密閉式のシールド工法に対応している。具体的には、シールド掘進機１０は、図２に示すように、円筒状のシールドフレーム１１と、シールドフレーム１１の掘進方向の前端に配置されたカッタヘッド１２とを備えている。シールド掘進機１０は、機内後方に配置されたエレクトラ装置２０により、複數に分割（本実施形態では、８分割）されたセグメント１１０aをリング状（セグメントリング１１０）に組み立てながら掘進するように構成されている。

[0021] エレクトラ装置２０は、図２および図３に示すように、円筒形状の本体部２１と、本体部２１に取り付けられた一対のアーム部２２と、一対のアーム部２２の先端に取り付けられ、セグメント１１０aを把持する把持部２３とを備えている。シールド掘進機１０の内部には、図２に示すように、シールド掘進機１０に固定された支持桁１３と、支持桁１３により支持され、トンネルの掘進方向に延びる円筒形状の軸部１４とが設けられている。エレクトラ装置２０は、円筒形状の本体部２１が円筒形状の軸部１４の外周にリング状の軸受（図示せず）を介して嵌め込まれており、軸部１４により旋回（回転）可能に支持されている。すなわち、図３に示すように、本体部２１の軸方向から見て、円筒形状の本体部２１、一対のアーム部２２および把持部２３は、本体部２１の中心軸線Ｃ１（図２参照）上の旋回中心Ｏ１周りに一体的に回転するように構成されている。また、軸部１４には、エレクトラ装置２０を回転させる回転駆動用モータ（図示せず）が設けられている。軸部また、エ

レクタ装置 20 を支持する円筒形状の軸部 14 の内部空間には、掘削土を連続的に排出する図示しないスクリーコンベア等が配置されている。なお、本体部 21 は、本発明の「エレクタ旋回部」の一例である。

[0022] ここで、本実施形態では、図 1 に示すように、セグメント真円度測定装置 100 は、装置本体 30 と、4 つの距離計 41 ~ 44 と、図示しない回転駆動用モータに取り付けられ、エレクタ装置 20 の旋回角度を検出するエンコーダ 50 と、装置本体 30 に接続された表示部（モニタ）60 とを備えている。装置本体 30 は、たとえば、シーケンサ（PLC（Programmable Logic Controller））により構成されており、制御部（CPU）31 と、データ記録部（メモリ）32 とを有している。データ記録部 32 には、4 つの距離計 41 ~ 44 の配置データが格納されている。4 つの距離計 41 ~ 44 の配置データには、4 つの距離計 41 ~ 44 の後述の取付角度 $\alpha 1 \sim \alpha 4$ のデータと、4 つの距離計 41 ~ 44 のそれぞれの旋回中心 O1 からの距離（取付半径）R1 ~ R4（図 3 参照）のデータとが含まれている。なお、制御部 31 は、本発明の「補正手段」の一例であり、エンコーダ 50 は、本発明の「角度検出器」の一例である。

[0023] 4 つの距離計 41 ~ 44 は、レーザ光を照射することにより被対象物までの距離を非接触で計測するレーザ距離計である。4 つの距離計 41 ~ 44 は、エレクタ装置 20 の本体部 21 の外周部に取り付けられている。具体的には、図 3 に示すように、把持部 23 が下端位置に位置する状態（基本姿勢の状態）で、第 1 距離計 41、第 2 距離計 42、第 3 距離計 43 および第 4 距離計 44 は、それぞれ、X 軸に対応する水平方向に対して反時計回りに、 $\alpha 1$ 度（本実施形態では、45 度）、 $\alpha 2$ 度（本実施形態では、135 度）、 $\alpha 3$ 度（本実施形態では、225 度）および $\alpha 4$ 度（本実施形態では、315 度）の位置に配置されている。すなわち、4 つの距離計 41 ~ 44 は、等角度間隔（90 度間隔）になるように円周状に互いに異なる角度位置で配置されている。また、第 1 距離計 41、第 2 距離計 42、第 3 距離計 43 および第 4 距離計 44 は、それぞれ、エレクタ装置 20 の旋回中心 O1 から放射

方向に距離（取付半径） R_1 、 R_2 、 R_3 および R_4 離間した位置に配置されている。上記の取付角度 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ および取付半径 $R_1 \sim R_4$ は、予め計測されて前述のように、データ記録部32に予め記録されている。

[0024] 4つの距離計41～44は、セグメント110aがリング状に組み立てられたセグメントリング110の内面111までの距離を計測するように構成されている。詳細には、4つの距離計41～44は、それぞれ、本体部21の放射方向におけるセグメントリング110の内面111までの距離を計測するように構成されている。4つの距離計41～44は、エレクトラ装置20によりセグメントリング110が組み立てられた後、エレクトラ装置20が旋回中心O1周りに360度回転（1回転）されることにより、所定の旋回角度（本実施形態では、1度）ごとに内面111までの距離を計測するように構成されている。すなわち、本実施形態における各距離計41～44の計測点数は、360点である。このような構成により、4つの距離計41～44は、エレクトラ装置20が360度回転（1回転）される際に、同じタイミングで、旋回角度（ θ ）が互いに90度ずつずれた角度位置における内面111までの距離を計測する。4つの距離計41～44およびエンコーダ50は、装置本体30に接続されており、4つの距離計41～44により計測（取得）された距離計測値データ（ $L_1 \sim L_4$ ）と、エンコーダ50により検出（取得）された旋回角度データ（ θ ）とは、装置本体30のデータ記録部32に送信されて順次データ記録部32に記録されるように構成されている。

[0025] また、本実施形態では、制御部31は、エンコーダ50により検出された旋回角度（ θ ）と、4つの距離計41～44により計測された距離計測値（ $L_1 \sim L_4$ ）とに基づいて、エレクトラ装置20（本体部21）の旋回中心O1の偏心による位置ずれを補正するように構成されている。なお、本実施形態のエレクトラ装置20は、一对のアーム部22や把持部23の重量による影響により、旋回中心O1が偏心している。すなわち、本願発明者は、種々の検討の結果、エレクトラ装置20には、一般的に、セグメント110aを把持して組み立てを行う一对のアーム部22および把持部23などが設けられて

いることから、必ずしもエレクトラ装置 20 の重心が旋回中心になく、エレクトラ装置 20 の旋回中心 O1 は偏心していることが多いことを見出した。そして、本願発明者は、この点に着目して、エレクトラ装置 20 の旋回中心 O1 の偏心による位置ずれを補正することにより、高精度に真円度の取得が可能であるという知見を得た。

[0026] 以下、図 4～図 10 を参照して、本実施形態のセグメント真円度測定装置 100 の制御部 31 により実行される真円度取得処理について詳細に説明する。

[0027] エレクトラ装置 20 によりセグメント 110a がリング状に組み立てられてセグメントリング 110 が形成された後、エレクトラ装置 20 が旋回中心 O1 周りに 360 度回転（1 回転）される際に、図 4 のステップ S1 において、制御部 31 は、所定の旋回角度（本実施形態では、1 度）ごとに、エンコーダ 50 により検出される旋回角度データ（ θ ）と、4 つの距離計 41～44 により計測されるセグメントリング 110 の内面 111 までの距離計測値データ（ $L1 \sim L4$ ）とをデータ記録部 32 に記録する制御を行う。すなわち、エンコーダ 50 により検出された複数の旋回角度データ（ θ ）と、それらの旋回角度（ θ ）のそれぞれにおける 4 つの距離計 41～44 による距離計測値データ（ $L1 \sim L4$ ）とが互いに対応付けられてデータ記録部 32 に記録される。

[0028] ここで、本実施形態では、エレクトラ装置 20 の旋回中心 O1 が偏心しているため、エレクトラ装置 20 が旋回する際には、図 5～図 7 に示すように、エレクトラ装置 20 の旋回中心 O1 は、セグメントリング 110 に対して位置ずれ（軸振れ）すると考えられる。また、この位置ずれは、旋回角度（ θ ）に対して周期的でかつ再現性があると考えられる。すなわち、エレクトラ装置 20 の旋回中心 O1 は、所定の軌跡を描くようにして（所定の軌跡に沿って）位置ずれすると考えられる。このため、4 つの距離計 41～44 により計測される同じ旋回角度における距離は、旋回中心 O1 の位置が互いに異なる状態で計測される。

[0029] そして、制御部 31 は、ステップ S2 において、所定の旋回角度（本実施形態では、1 度）ごとに、以下の式（1）～（4）により、エレクトラ装置 20 の旋回中心 O1 からセグメントリング 110 の内面 111 までの距離（ $L_{r1} \sim L_{r4}$ ）を算出する。旋回中心 O1 からセグメントリング 110 の内面 111 までの距離（ $L_{r1} \sim L_{r4}$ ）は、図 8 に示すように、4 つの距離計 41 ～ 44 ごとに算出する。また、第 1 距離計 41 に対応する距離 L_{r1} は、エレクトラ装置 20 の旋回角度（ θ ）が所定の旋回角度（本実施形態では、1 度）ずつ増加するのに伴って、旋回角度が 45 度の位置（取付角度 α_1 に対応する位置）から所定の旋回角度（本実施形態では、1 度）ごとに算出される。第 2 距離計 42、第 3 距離計 43 および第 4 距離計 44 についても、上記第 1 距離計 41 と同様に、距離 L_{r2} 、 L_{r3} および L_{r4} は、それぞれ、旋回角度が 135 度の位置（取付角度 α_2 に対応する位置）、旋回角度が 225 度の位置（取付角度 α_3 に対応する位置）および旋回角度が 315 度の位置（取付角度 α_4 に対応する位置）から所定の旋回角度（本実施形態では、1 度）ごとに算出される。

$$[0030] \quad L_{r1}(\theta + \alpha_1) = L_1(\theta + \alpha_1) + R_1 \dots \dots (1)$$

$$L_{r2}(\theta + \alpha_2) = L_2(\theta + \alpha_2) + R_2 \dots \dots (2)$$

$$L_{r3}(\theta + \alpha_3) = L_3(\theta + \alpha_3) + R_3 \dots \dots (3)$$

$$L_{r4}(\theta + \alpha_4) = L_4(\theta + \alpha_4) + R_4 \dots \dots (4)$$

上記式（1）において、 L_{r1} は、第 1 距離計 41 の所定の旋回角度における旋回中心 O1 からセグメントリング 110 の内面 111 までの距離、 θ は、エレクトラ装置 20 の旋回角度、 α_1 は、第 1 距離計 41 の取付角度、 L_1 は、第 1 距離計 41 により計測されたセグメントリング 110 の内面 111 までの距離計測値、 R_1 は、第 1 距離計 41 の旋回中心 O1 からの距離（取付半径）をそれぞれ表す。なお、上記式（2）、（3）および（4）は、第 1 距離計 41 に対応する上記式（1）と同様に、それぞれ、第 2 距離計 42、第 3 距離計 43 および第 4 距離計 44 に対応している。また、取付角度 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ および取付半径 $R_1 \sim R_4$ については、予めデータ記録部 32 に

格納されているものを読み出して上記式（１）～（４）の算出を行う。

[0031] その後、ステップＳ３において、制御部３１は、以下の式（５）により、図８に示すように、エレクトラ装置２０の同じ旋回角度（ θ ）における４つの距離計４１～４４にそれぞれ対応する４つの距離 L_{r1} 、 L_{r2} 、 L_{r3} および L_{r4} の平均距離 R_a を算出することにより旋回中心Ｏ１の偏心による位置ずれを補正する。すなわち、所定の旋回角度ごと（本実施形態では、１度）に、４つの距離 L_{r1} 、 L_{r2} 、 L_{r3} および L_{r4} が平均化されることにより、各々の旋回角度における４つの距離 L_{r1} 、 L_{r2} 、 L_{r3} および L_{r4} のばらつき（旋回中心Ｏ１の偏心による位置ずれ）が補正される。言い換えれば、制御部３１は、所定の旋回角ごとに平均距離 R_a を算出することにより、所定の旋回角度ごとに旋回中心Ｏ１の偏心による位置ずれを補正する。

[0032] $R_a(\theta) = \{L_{r1}(\theta) + L_{r2}(\theta) + L_{r3}(\theta) + L_{r4}(\theta)\} / 4 \dots \dots (5)$

上記式（５）において、 R_a は、所定の旋回角度における平均距離、 L_{r1} は、第１距離計４１の所定の旋回角度における旋回中心Ｏ１からセグメントリング１１０の内面１１１までの距離、 L_{r2} は、第２距離計４２の所定の旋回角度における旋回中心Ｏ１からセグメントリング１１０の内面１１１までの距離、 L_{r3} は、第３距離計４３の所定の旋回角度における旋回中心Ｏ１からセグメントリング１１０の内面１１１までの距離、 L_{r4} は、第４距離計４４の所定の旋回角度における旋回中心Ｏ１からセグメントリング１１０の内面１１１までの距離をそれぞれ表す。

[0033] また、制御部３１は、ステップＳ４において、以下の式（６）および（７）により、所定の旋回角度（本実施形態では、１度）ごとに算出した複数（本実施形態では、３６０個）の平均距離 R_a を複数（本実施形態では、３６０組）のＸＹ座標値に変換する。

[0034] $X(\theta) = R_a(\theta) \times \cos(\theta) \dots \dots (6)$

$Y(\theta) = R_a(\theta) \times \sin(\theta) \dots \dots (7)$

上記式（６）および（７）において、 X は、所定の旋回角度における X 座標値、 Y は、所定の旋回角度における Y 座標値、 R_a は、所定の旋回角度における平均距離をそれぞれ表す。

[0035] そして、制御部３１は、ステップＳ５において、所定の旋回角度（本実施形態では、１度）ごとの複数の XY 座標値に基づいて、以下の式（８）および（９）により、セグメントリング１１０の XY 座標値における中心Ｏ２の位置を補正する。具体的には、図９および図１０に示すように、制御部３１は、所定の旋回角度ごとに取得された複数の XY 座標値（ $X(\theta)$ 、 $Y(\theta)$ ）の重心位置（平均値）を XY 座標値（ $X(\theta)$ 、 $Y(\theta)$ ）から差し引くことにより、中心Ｏ２の位置をセグメントリング１１０の設計上の中心Ｏ３の位置にオフセットして補正を行う。

[0036] $X_o(\theta) = X(\theta) - \Sigma X(\theta) / N \cdots \cdots (8)$

$Y_o(\theta) = Y(\theta) - \Sigma Y(\theta) / N \cdots \cdots (9)$

上記式（８）および（９）において、 X_o は、所定の旋回角度における補正後の X 座標値、 Y_o は、所定の旋回角度における補正後の Y 座標値、 X は、所定の旋回角度における補正前の X 座標値、 Y は、所定の旋回角度における補正前の Y 座標値、 N は、計測点数（本実施形態では、３６０点）をそれぞれ表す。

[0037] 制御部３１は、上記のように、セグメントリング１１０の複数の計測値（ XY 座標値）の中心Ｏ２の位置を補正することによって、ステップＳ６において、セグメントリング１１０の真円度を取得する。具体的には、制御部３１は、算出した補正後の XY 座標値（ X_o 、 Y_o ）をプロットして表示部６０に表示する制御を行うことにより、セグメントリング１１０の内面１１１の設計位置に対する補正後の XY 座標値（ $X_o(\theta)$ 、 $Y_o(\theta)$ ）の位置ずれ度合い（真円度）を取得する。オペレータは、図１０に示されるようなプロットされた補正後の XY 座標値（ $X_o(\theta)$ 、 $Y_o(\theta)$ ）がセグメントリング１１０の内面１１１の許容範囲内（上限位置と下限位置との間の範囲内）に位置するか否かを判断して容易に真円度の評価を行うことが可能で

ある。

[0038] 本実施形態では、上記のように、エンコーダ50により検出された角度と、エレクトラ装置20の本体部21に互いに異なる角度位置で配置された4つの距離計41～44により計測された距離とに基づいて、エレクトラ装置20（本体部21）の旋回中心O1の偏心による位置ずれを補正する制御部31を設ける。これにより、エレクトラ装置20の旋回中心O1が偏心している場合でも、制御部31により、エレクトラ装置20の旋回中心O1の偏心による位置ずれを補正して旋回中心O1の偏心に起因する距離計測値L1、L2、L3およびL4の誤差の影響を小さくすることができるので、その距離計測値に基づいて、セグメントリング110の真円度を精度よく取得することができる。また、エレクトラ装置20の本体部21に距離計41～44を配置することにより、エレクトラ装置20の本体部21をセグメントリング110の距離計測用としても流用することができるので、旋回中心O1が偏心しているエレクトラ装置20とは別個に旋回中心O1が偏心していない計測専用の旋回部を設ける必要がない。これにより、スペース上の制約が多いシールド掘進機10の内部に計測専用の旋回部を配置するための専用のスペースを別途確保する必要がない。

[0039] また、本実施形態では、上記のように、4つの距離計41～44を、エレクトラ装置20の本体部21に、等角度間隔（90度間隔）になるように円周状に異なる角度位置で配置する。これにより、4つの距離計41～44を、エレクトラ装置20の旋回中心O1に対してバランスよく円周状に配置することができるので、制御部31により、エンコーダ50により検出された角度と、バランスよく円周状に配置された4つの距離計41～44により計測された距離とに基づいて、エレクトラ装置20の本体部21の旋回中心O1の偏心による位置ずれをより精度よく補正することができる。その結果、セグメントリング110の真円度をより精度よく取得することができる。

[0040] また、本実施形態では、上記のように、制御部31により、エレクトラ装置20の同じ旋回角度における4つの距離計41～44による距離計測値L1

、 L_2 、 L_3 および L_4 に基づいて平均化することによって、エレクトラ装置20の旋回中心 O_1 の偏心による位置ずれを補正する。これにより、制御部31により距離計測値に基づいた平均化を行うだけで、複雑な演算を行うことなく容易に、エレクトラ装置20の同じ旋回角度（所定の旋回角度）における旋回中心 O_1 の偏心による位置ずれを補正することができるので、容易に、セグメントリング110の真円度を精度よく取得することができる。

[0041] また、本実施形態では、上記のように、制御部31により、4つの距離計41～44による各々の距離計測値 L_1 、 L_2 、 L_3 および L_4 に、それぞれ、予め取得されたエレクトラ装置20の旋回中心 O_1 から各々の距離計41～44の取り付け位置までの取付距離 R_1 、 R_2 、 R_3 および R_4 を加算することにより、各々の距離計に対応する旋回中心 O_1 からセグメントリング110の内面111までの距離 L_{r1} 、 L_{r2} 、 L_{r3} および L_{r4} を求めて平均化することにより平均距離 R_a を算出することによって、エレクトラ装置20の旋回中心 O_1 の偏心による位置ずれを補正する。これにより、制御部31により、エレクトラ装置20の同じ旋回角度（所定の旋回角度）における平均距離を算出するだけで、エレクトラ装置20の旋回中心 O_1 の偏心による位置ずれが補正されるので、所定の旋回角度におけるエレクトラ装置20の旋回中心 O_1 からセグメントリング110の内面111までの距離値を容易に精度よく求めることができる。その結果、セグメントリング110の真円度をより精度よく取得することができる。

[0042] また、本実施形態では、上記のように、制御部31により、平均距離 R_a をエレクトラ装置20の所定の旋回角度（本実施形態では、1度）ごとに算出することによりエレクトラ装置20の旋回中心 O_1 の偏心による位置ずれを所定の旋回角度ごとに補正し、さらに、所定の旋回角度ごとに算出した複数の平均距離を複数の XY 座標値（ X ， Y ）に変換するとともに複数の XY 座標値に基づいてセグメントリング110の中心 O_2 の位置を補正することによってセグメントリング110の真円度を取得する。これにより、制御部31により、エレクトラ装置20の所定の旋回角度ごとに旋回中心 O_1 の偏心によ

る位置ずれが補正されるので、所定の旋回角度ごとにエレクトラ装置 20 の旋回中心 O1 からセグメントリング 110 の内面 111 までの距離を精度よく求めてセグメントリング 110 の真円度を精度よく取得することができる。また、制御部 31 により、所定の旋回角度ごとに算出された複数の平均距離を X Y 座標値に変換してセグメントリング 110 の中心 O2 の位置を補正することによって、セグメントリング 110 の中心 O2 の位置が補正された状態で容易にセグメントリング 110 の真円度の評価を行うことができる。

[0043] なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく特許請求の範囲によって示され、さらに特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれる。

[0044] たとえば、上記実施形態では、本発明のセグメント真円度測定装置およびセグメント真円度測定方法を、シールド掘進機を用いるシールド工法に適用する例を示したが、本発明はこれに限られない。セグメントを組み立ててセグメントリングを構築する工法であれば、本発明のセグメント真円度測定装置およびセグメント真円度測定方法を、TBM (Tunnel Boring Machine) 工法など、シールド工法以外の工法に適用してもよい。

[0045] また、上記実施形態では、本発明の距離計の一例として、レーザ距離計を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、超音波により非接触で距離を計測する超音波距離計や接触式の距離計など、レーザ距離計以外の距離計であってもよい。

[0046] また、上記実施形態では、4 つの距離計を等角度間隔に円周状に異なる角度位置で配置する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、図 11 に示す第 1 変形例のように、3 つの距離計 (241、242 および 243) を等角度間隔 (120 度間隔) に円周状に異なる角度位置で配置してもよいし、5 つ以上の距離計を円周状に異なる角度位置で配置してもよい。また、図 12 に示す第 2 変形例のように、複数の距離計 (341、342、

3 4 3 および 3 4 4) を、エレクトラ装置 2 0 の旋回中心 O 1 を通る直線 (図 1 2 では水平線および鉛直線) に対して線対称になるように円周状に異なる角度位置で配置してもよい。

[0047] また、上記実施形態では、エレクトラ装置を、シールド掘進機内に固定された軸部により旋回 (回転) 可能に支持する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、図 1 3 に示す第 3 変形例のように、エレクトラ装置を、シールド掘進機内に固定された複数の支持部 4 0 2 により、ローラ 4 0 1 を介して本体部 2 1 の外側から旋回 (回転) 可能に支持する構成であってもよい。

[0048] また、上記実施形態では、複数の距離計を、エレクトラ装置の旋回 (回転) する円筒形状の本体部に取り付ける例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、エレクトラ装置の旋回する部分 (エレクトラ旋回部) であれば、アーム部や把持部など、本体部以外のエレクトラ旋回部に複数の距離計を取り付ける構成であってもよい。

[0049] また、上記実施形態では、各々の距離計に対応する旋回中心からセグメントリングの内面までの距離 ($L_{r1} \sim L_{r4}$) を求めて、それらを平均化することにより旋回中心の偏心による位置ずれを補正する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、旋回中心から各々の距離計までの距離 ($R_1 \sim R_4$) が互いに同じであれば、各距離計により計測された距離計測値 ($L_1 \sim L_4$) を平均化することにより旋回中心の偏心による位置ずれを補正してもよい。

[0050] また、上記実施形態では、所定の旋回角度ごとに取得された複数の X Y 座標値 ($X(\theta)$, $Y(\theta)$) の重心位置 (平均値) を X Y 座標値 ($X(\theta)$, $Y(\theta)$) から差し引くことにより、中心 O 2 の位置をセグメントリングの設計上の中心 O 3 の位置にオフセットして補正を行う例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、以下の式 (1 0) および (1 1) により、複数の X Y 座標値 ($X(\theta)$, $Y(\theta)$) の最大値と最小値との間の中間値を X Y 座標値 ($X(\theta)$, $Y(\theta)$) から差し引くことにより、中心 O

2の位置をセグメントリングの設計上の中心O3の位置にオフセットして補正を行う構成であってもよい。

$$[0051] \quad X_o(\theta) = X(\theta) - \{X(\theta)_{\max} + X(\theta)_{\min}\} / 2 \cdots \cdots (10)$$

$$Y_o(\theta) = Y(\theta) - \{Y(\theta)_{\max} + Y(\theta)_{\min}\} / 2 \cdots \cdots (11)$$

上記式(10)および(11)において、 X_o は、所定の旋回角度における補正後のX座標値、 Y_o は、所定の旋回角度における補正後のY座標値、 X は、所定の旋回角度における補正前のX座標値、 Y は、所定の旋回角度における補正前のY座標値、 $X_{\max}$ は、補正前の複数のX座標値の最大値、 $X_{\min}$ は、補正前の複数のX座標値の最小値、 $Y_{\max}$ は、補正前の複数のY座標値の最大値、 $Y_{\min}$ は、補正前の複数のY座標値の最小値をそれぞれ表す。

[0052] また、上記実施形態では、エレクトラ装置が360度回転(1回転)される際に、各距離計により、1度ごとにセグメントリングの内面までの距離を計測する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、各距離計により、1度以外の所定の旋回角度ごとにセグメントリングの内面までの距離を計測するようにしてもよい。なお、計測点数が多ければ、プロット点数が多くなる分、セグメントリングの内面の形状(位置)をより正確に把握することができるので、セグメントリングの真円度の評価を行い易くなる。また、計測時に、エレクトラ装置を複数回回転(360度以上回転)させて、共通の距離計により同じ旋回角度におけるセグメントリングの内面までの距離を複数回計測するようにしてもよい。この場合、共通の距離計により複数回計測された同じ旋回角度における複数の距離計測値を平均化して用いてもよい。

[0053] また、上記実施形態では、シーケンサからなる装置本体の制御部(補正手段)により、エレクトラ装置の旋回中心の偏心による位置ずれを補正する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、制御部(CPU)を含むPC(パーソナルコンピュータ)を設け、このPCの制御部を、エレクトラ

装置の旋回中心の偏心による位置ずれを補正する本発明の補正手段として用いてもよい。また、データ記録部を含むシーケンサ（またはP C）と、制御部（C P U）を含むシーケンサ（またはP C）とをそれぞれ別個に設け、これらのシーケンサを協働させることにより、エレクタ装置の旋回中心の偏心による位置ずれを補正する本発明の補正手段として用いてもよい。

符号の説明

- [0054] 1 0 シールド掘進機
 2 0 エレクタ装置
 2 1 本体部（エレクタ旋回部）
 3 1 制御部（補正手段）
 4 1 第1 距離計（距離計）
 4 2 第2 距離計（距離計）
 4 3 第3 距離計（距離計）
 4 4 第4 距離計（距離計）
 5 0 エンコーダ（角度検出器）
 1 0 0 セグメント真円度測定装置
 1 1 0 セグメントリング
 1 1 0 a セグメント
 1 1 1 セグメントリングの内面
 2 4 1、2 4 2、2 4 3、3 4 1、3 4 2、3 4 3、3 4 4 距離計
 0 1 旋回中心

請求の範囲

- [請求項1] 旋回中心（O 1）が偏心しているエレクトラ旋回部（2 1）の旋回角度を検出する角度検出器（5 0）と、
- 前記エレクトラ旋回部に互いに異なる角度位置で配置され、セグメント（1 1 0 a）がリング状に組み立てられたセグメントリング（1 1 0）の内面（1 1 1）までの距離を計測する3個以上の距離計（4 1～4 4、2 4 1～2 4 3、3 4 1～3 4 4）と、
- 前記角度検出器により検出された角度と、前記3個以上の距離計により計測された距離とに基づいて、前記エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正する補正手段（3 1）と、を備えた、セグメント真円度測定装置。
- [請求項2] 前記3個以上の距離計は、前記エレクトラ旋回部に、等角度間隔または線対称になるように円周状に異なる角度位置で配置されている、請求項1に記載のセグメント真円度測定装置。
- [請求項3] 前記補正手段は、前記エレクトラ旋回部の同じ旋回角度における前記3個以上の距離計による距離計測値に基づいて平均化することによって、前記エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するように構成されている、請求項1または2に記載のセグメント真円度測定装置。
- [請求項4] 前記補正手段は、前記3個以上の距離計による各々の距離計測値に、それぞれ、予め取得されたエレクトラ旋回部の旋回中心から各々の前記距離計の取り付け位置までの取付距離を加算することにより、各々の前記距離計に対応する前記旋回中心から前記セグメントリングの内面までの距離を求めて平均化することにより平均距離を算出することによって、前記エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するように構成されている、請求項3に記載のセグメント真円度測定装置。
- [請求項5] 前記補正手段は、前記平均距離を前記エレクトラ旋回部の所定の旋回

角度ごとに算出することにより前記エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを前記所定の旋回角度ごとに補正し、さらに、前記所定の旋回角度ごとに算出した複数の前記平均距離を複数のX Y座標値に変換するとともに前記複数のX Y座標値に基づいて前記セグメントリングの中心位置を補正することによって前記セグメントリングの真円度を取得するように構成されている、請求項4に記載のセグメント真円度測定装置。

[請求項6] 旋回中心（O 1）が偏心しているエレクトラ旋回部（2 1）の旋回角度を検出するとともに、検出された旋回角度と同じ旋回角度におけるセグメントリング（1 1 0）の内面（1 1 1）までの距離を、前記エレクトラ旋回部に互いに異なる角度位置で配置された3個以上の距離計（4 1～4 4、2 4 1～2 4 3、3 4 1～3 4 4）により計測するステップと、

前記エレクトラ旋回部の同じ旋回角度における前記3個以上の距離計による距離計測値に基づいて平均化することによって、前記エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するステップと、を備える、セグメント真円度測定方法。

[請求項7] 前記エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを補正するステップは、

前記3個以上の距離計による各々の距離計測値に、それぞれ、予め取得されたエレクトラ旋回部の旋回中心から各々の前記距離計の取り付け位置までの取付距離を加算することにより、各々の前記距離計に対応する前記旋回中心から前記セグメントリングの内面までの距離を求めて平均化することによって平均距離を算出するとともに、前記平均距離を前記エレクトラ旋回部の所定の旋回角度ごとに算出することによって、前記エレクトラ旋回部の旋回中心の偏心による位置ずれを前記所定の旋回角度ごとに補正するステップを含み、

前記所定の旋回角度ごとに算出した複数の前記平均距離を複数のX

Y座標値に変換するとともに、前記複数のX Y座標値に基づいて前記セグメントリングの中心位置を補正することによって、前記セグメントリングの真円度を取得するステップをさらに備える、請求項6に記載のセグメント真円度測定方法。