

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-82003

(P2019-82003A)

(43) 公開日 令和1年5月30日(2019.5.30)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**E 2 1 D 9/093 (2006.01)** E 2 1 D 9/093 C 2 D 0 5 4  
 E 2 1 D 9/093 G

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 14 頁)

|           |                              |          |                     |
|-----------|------------------------------|----------|---------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2017-208559 (P2017-208559) | (71) 出願人 | 000000549           |
| (22) 出願日  | 平成29年10月27日(2017.10.27)      |          |                     |
|           |                              | (74) 代理人 | 110000176           |
|           |                              |          | 一色国際特許業務法人          |
|           |                              | (72) 発明者 | 田中 善広               |
|           |                              |          | 東京都港区港南二丁目15番2号 株式会 |
|           |                              |          | 社大林組内               |
|           |                              | (72) 発明者 | 服部 鋭啓               |
|           |                              |          | 東京都港区港南二丁目15番2号 株式会 |
|           |                              |          | 社大林組内               |
|           |                              | (72) 発明者 | 星野 智紀               |
|           |                              |          | 東京都港区港南二丁目15番2号 株式会 |
|           |                              |          | 社大林組内               |

最終頁に続く

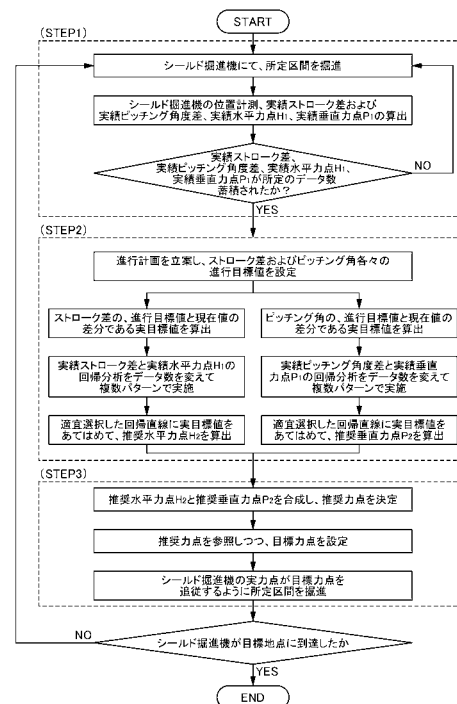
(54) 【発明の名称】 シールド掘進機の方角制御システム

(57) 【要約】

【課題】高い信頼性を確保しつつ簡略な操作により、シールド掘進機の掘進方向を制御することの可能な、シールド掘進機の方角制御システムを提供する。

【解決手段】シールド掘進機を計画線形に沿うよう掘進させるべく、ジャッキ推力の作用力点として推奨する推奨力点を、推奨水平力点と推奨垂直力点の合力から算出する方向制御装置が、掘進管理/線形管理装置から得た実績ストローク差と実績水平力点の回帰分析、実績ピッチング角度差と実績垂直力点の回帰分析をそれぞれ、データ数を変更して複数回実施する回帰分析結果取得手段と、回帰分析結果取得手段で得た複数の回帰分析結果のうち、適宜選択された前記データ数に基づく実績ストローク差と実績水平力点の回帰分析結果に基づいて推奨水平力点を、また、適宜選択されたデータ数に基づく実績ピッチング角度差と実績垂直力点の回帰結果に基づいて推奨垂直力点を、それぞれ算出する力点位置算出手段と、を備える。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

シールド掘進機に作用するジャッキ推力の作用力点を用いて、該シールド掘進機の掘進方向を制御するための、シールド掘進機の方法制御システムであって、

所定区間を掘進するごとに、少なくとも、前記シールド掘進機の実績ストローク差と実績ピッチング角度差、および前記ジャッキ推力から計算される、前記シールド掘進機の軸線を通る水平方向線上の実績水平力点と垂直方向線上の実績垂直力点を算出および記録する掘進管理 / 線形管理装置と、

前記シールド掘進機を計画線形に沿うよう掘進させるべく、前記作用力点として推奨する推奨力点を、推奨水平力点と推奨垂直力点の合力から算出する方向制御装置と、を備え、

10

前記方向制御装置が、

前記掘進管理 / 線形管理装置から得た前記実績ストローク差と前記実績水平力点の回帰分析、前記実績ピッチング角度差と実績垂直力点の回帰分析をそれぞれ、データ数を変更して複数回実施する回帰分析結果取得手段と、

該回帰分析結果取得手段で得た複数の回帰分析結果のうち、適宜選択された前記データ数に基づく前記実績ストローク差と前記実績水平力点の回帰分析結果に基づいて前記推奨水平力点を、また、適宜選択された前記データ数に基づく前記実績ピッチング角度差と前記実績垂直力点の回帰結果に基づいて前記推奨垂直力点を、それぞれ算出する力点位置算出手段と、を備えることを特徴とするシールド掘進機の方法制御システム。

20

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載のシールド掘進機の方法制御システムにおいて、

前記力点位置算出手段では、前記推奨水平力点及び前記推奨垂直力点各々の算出に用いる前記回帰分析結果に、最も高い相関係数を得た前記データ数に基づく前記回帰分析結果を選択することを特徴とするシールド掘進機の方法制御システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、シールド掘進機の方法掘進方向を制御するための、シールド掘進機の方法制御システムに関する。

30

**【背景技術】****【0002】**

シールド施工の省力化や操作の簡略化等を目的として、例えば、特許文献 1 には、シールド掘進機にシールドジャッキによるジャッキ推力を作用させる際の作用力点を用いて、シールド掘進機の方法掘進方向を制御するための、シールド掘進機の方法制御システムおよび方向制御方法が開示されている。

**【0003】**

特許文献 1 では、円盤状のカッターヘッドと、該カッターヘッドの縁部に沿って配置される複数のシールドジャッキと、を備える複数のシールド掘進機において、正面視で左右端に位置するシールドジャッキの伸縮量の差をストローク差、上下端方向のシールド掘進機の傾斜角度をピッチング角として設定する。

40

**【0004】**

そのうえで、所定区間だけ掘進して停止させたシールド掘進機の方法現在のストローク差およびピッチング角を計測するとともに、作業員が、次の所定区間の掘進作業に向けて、シールド掘進機を計画線形に近づけるための目標ストローク差および目標ピッチング角を適宜設定する。この後、目標ストローク差と現在のストローク差の差分（以降、S」ストローク差の変化量）と過去の「実績による学習直線」から、カッターヘッドの左右端方向のS」重心位置を求める。同様に、目標ピッチングと現在のピッチング角（ピッチング角の変化量）の差分と過去の「実績による学習直線」から、カッターヘッドの上下端方向のS」重心位置を求める。

50

## 【 0 0 0 5 】

上記の2方向各々におけるS J重心位置を合成することにより得られる合成S J重心位置は、シールド掘進機を計画線形に近づけるために最適なジャッキ推力の作用力点となる。そこで、次の所定区間の掘進作業は、この合成S J重心位置と最も近い重心位置となるジャッキパターンを適宜選択し、選択したジャッキパターンにて再開すればよい。

## 【 先行技術文献 】

## 【 特許文献 】

## 【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開平 1 0 - 2 6 6 7 6 9 号 公 報

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 7 】

特許文献 1 によれば、目標ストローク差及び目標ピッチング角を作業員が設定するなど、人間の判断を取り入れつつ、コンピュータを用いてシールド掘進機の方  
向制御を行うことが可能となる。

## 【 0 0 0 8 】

しかし、特許文献 1 において、カッターヘッドの左右端方向のS J重心位置および上下端方向のS J重心位置を求める際に用いる「実績による学習直線」は、制御実績の参照範囲をあらかじめ設定し（例えば、現在から過去30リング分等）、この参照範囲の制御実績データを用いて行った回帰分析結果を利用している。

## 【 0 0 0 9 】

このため、制御実績の参照範囲として地盤状況を的確に捉えた範囲が必ずしも設定されていない場合が想定され、上記2方向のS J重心位置を合成して得た合成S J重心位置の信頼性に課題が生じる。また、掘進途中で地盤が変化する場合には、制御実績の参照範囲が広すぎると、地盤変化への対応に遅れが生じることも考えられる。

## 【 0 0 1 0 】

本発明は、かかる課題に鑑みなされたものであって、その主な目的は、高い信頼性を確保しつつ簡略な操作により、シールド掘進機の掘進方向を制御することの可能な、シールド掘進機の方  
向制御システムを提供するものである。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 1 】

かかる目的を達成するため、本発明のシールド掘進機の方  
向制御システムは、シールド掘進機に作用するジャッキ推力の作用力点を用いて、該シールド掘進機の掘進方向を制御するための、シールド掘進機の方  
向制御システムであって、所定区間を掘進するごとに、少なくとも、前記シールド掘進機の実績ストローク差と実績ピッチング角度差、および前記ジャッキ推力から計算される、前記シールド掘進機の軸線を通る水平方向線上の実績水平力点と垂直方向線上の実績垂直力点を算出および記録する掘進管理 / 線形管理装置と、前記シールド掘進機を計画線形に沿うよう掘進させるべく、前記作用力点として推奨する推奨力点を、推奨水平力点と推奨垂直力点の合力から算出する方向制御装置と、を備え、前記方向制御装置が、前記掘進管理 / 線形管理装置から得た前記実績ストローク差と前記実績水平力点の回帰分析、前記実績ピッチング角度差と実績垂直力点の回帰分析をそれぞれ、データ数を変更して複数回実施する回帰分析結果取得手段と、該回帰分析結果取得手段で得た複数の回帰分析結果のうち、適宜選択された前記データ数に基づく前記実績ストローク差と前記実績水平力点の回帰分析結果に基づいて前記推奨水平力点を、また、適宜選択された前記データ数に基づく前記実績ピッチング角度差と前記実績垂直力点の回帰結果に基づいて前記推奨垂直力点を、それぞれ算出する力点位置算出手段と、を備えることを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

上述する本発明のシールド掘進機の方  
向制御システムによれば、回帰分析結果取得手段にて、実績ストローク差と実績水平力点の回帰分析および実績ピッチング角度差と実績垂

10

20

30

40

50

直力点の回帰分析が、いずれもデータ数を変更して複数回実施される。これにより、例えば、掘進する区間が地盤に変化が生じた直後である場合には、推奨水平力点および推奨垂直力点の算出にそれぞれ、複数の回帰分析結果の中から直近の最も少ないデータ数を用いて算出した回帰分析結果を選択でき、地盤の変化に対して迅速に対応した推奨力点を算出することが可能となる。

【 0 0 1 3 】

本発明のシールド掘進機の方方向制御システムは、前記力点位置算出手段では、前記推奨水平力点及び前記推奨垂直力点各々の算出に用いる前記回帰分析結果に、最も高い相関係数を得た前記データ数に基づく前記回帰分析結果を選択することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

上述する本発明のシールド掘進機の方方向制御システムによれば、推奨水平力点および推奨垂直力点を算出するにあたり、複数のの中から最も高い相関係数を得た前記データ数に基づく回帰分析結果を採用する。これにより、シールド掘進機を計画線形に沿うよう掘進させるための作用力点として推奨する推奨力点の信頼性が高まるとともに、シールド掘進機の方方向制御に係る正確性を向上させることが可能となる。

【 0 0 1 5 】

また、シールド掘進機のオペレータは、方方向制御システムにて設定された推奨力点を参照しつつ、シールド掘進機の性能等を考慮して、シールド掘進機に作用させようとするジャッキ推力の目標力点を決定でき、シールド掘進機の制御に係る作業を簡略化することが可能となる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、シールド掘進機が計画線形から大きく逸脱することのないよう、シールド掘進機を掘進させるための作用力点として推奨する推奨力点を設定できるため、簡略な操作により高い信頼性を確保しつつ、シールド掘進機の掘進方向を制御することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態におけるシールド掘進機の方方向制御システムの概略を示す図である。

【 図 2 】 本発明の実施の形態における方方向制御装置の構成を示す図である。

【 図 3 】 本発明の実施の形態におけるシールド掘進機の掘進方向を制御する際の作業手順を示すフロー図である。

【 図 4 】 本発明の実施の形態におけるシールドジャッキと、実績水平力点および実績垂直力点を示す図である。

【 図 5 】 本発明の実施の形態におけるシールド掘進機の計画線形に対する逸脱量を示す図である。

【 図 6 】 本発明の実施の形態における実績ストローク差と実績水平力点の回帰分析結果を示す図である。

【 図 7 】 本発明の実施の形態における実績ピッチング角度差と実績垂直力点の回帰分析結果を示す図である。

【 図 8 】 本発明の実施の形態におけるシールド掘進機にて掘進する地盤の土質状況を示す図である（その 1 ）。

【 図 9 】 本発明の実施の形態におけるシールド掘進機にて掘進する地盤の土質状況を示す図である（その 2 ）。

【 図 1 0 】 本発明の実施の形態におけるシールド掘進機にて掘進する地盤の土質状況を示す図である（その 3 ）。

【 図 1 1 】 本発明の実施の形態における推奨水平力点、推奨垂直力点および推奨力点を示す図である。

【 図 1 2 】 本発明の実施の形態における推奨力点、目標力点、及び実力点を示す図である

10

20

30

40

50

。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明のシールド掘進機 10 の方向制御システムは、シールド掘進機 10 の掘進方向を、シールド掘進機 10 に作用させるジャッキ推力の作用力点を用いて制御するものである。以下に、本発明のシールド掘進機 10 の方向制御システムを、シールド掘進機 10 の構成と併せて、図 1 ~ 12 を参照しながら説明する。

【0019】

シールド掘進機 10 は、図 1 の側面図および図 4 の正面図で示すように、先端面にカッターディスク 25 を備えた筒状の外殻体 11 と、外殻体 11 の内周面に沿って周方向に設けられる複数のシールドジャッキ 14 を備える。これらは、カッターディスク 25 を回転させて地盤を掘進しつつ、外殻体 11 の内部で組み立てたトンネル 12 の内壁面を覆うセグメント 13 を掘進反力にして、シールドジャッキ 14 のジャッキ推力を用いてシールド掘進機 10 を推進させる動作を繰り返し、順次掘進作業を行ってゆく。

【0020】

また、シールド掘進機 10 には、その内部に、コンピュータからなり、シールド掘進機 10 の駆動制御を実行するシールド制御装置 15 と、シールド掘進機 10 の位置測量や計測を行うための計測機器として、自動測量機能が備えられている場合には、少なくともレーザー発振機 16、光波距離計 17、およびレーザーターゲット 18 が装備されている。なお、自動測量機能が備えられていない場合は、水平方向はジャイロとストローク計により、垂直方向は水レベル計とピッチング計により、シールド掘進機 10 の位置の演算を実施する。

【0021】

このような計測機器は、地上に設けられたコンピュータからなる掘進管理 / 線形管理装置 20 と接続されており、掘進管理 / 線形管理装置 20 では、上記の計測機器から得た掘進作業中の各種データの収集・計算・記録・蓄積を行うとともに、シールド掘進機 10 の稼働状況の監視する。また、シールド掘進機 10 の位置・姿勢および施工計画に基づく計画線形 L に対する逸脱量を把握して、シールド掘進機 10 の線形管理を行う。

【0022】

シールド掘進機 10 の方向制御システム 100 は、上記の掘進管理 / 線形管理装置 20 と、これに接続される方向制御装置 30 とを備えており、方向制御装置 30 は、図 2 で示すように、入力装置 31 と、出力装置 32 と、中央演算処理装置 33 と、ファイル装置 34 と、メインメモリ 35 とを備えている。

【0023】

入力装置 31 は、例えばキーボード、スキャナー、スイッチ等であり、出力装置 32 は、ディスプレイやプリンター等が挙げられる。中央演算処理装置 33 は、CPU、GPU、ROM、RAM 及びハードウェアインタフェース等を有するコンピュータである。また、ファイル装置 34 は、半導体メモリ又はハードディスクドライブ等からなる記憶装置であり、後に詳細を述べるが、少なくとも測量ファイル 341、回帰分析結果格納ファイル 342、およびジャッキパターンテーブルファイル 343 が格納されている。

【0024】

メインメモリ 35 は、中央演算処理装置 33 によって実行可能なプログラムやデータを一時的に格納するものであり、後に詳細を述べるが、少なくとも実目標値算出部 351、回帰分析結果取得部 352、力点位置算出部 353、およびジャッキパターン選択部 354 が備えられている。そして、上述する構成の方向制御装置 30 は、多重伝送装置親局 21 および多重伝送装置子局 22 を介して、シールド制御装置 15 と接続されている。

【0025】

このように、方向制御装置 30 を介してシールド制御装置 15 と方向制御システム 100 とを連携させて、施工計画に基づく計画線形 L からシールド掘進機 10 が大きく逸脱することのないよう、シールド掘進機 10 が所定区間を掘進するごとに、その掘進方向を制

10

20

30

40

50

御する。具体的には、シールド掘進機 10 を計画線形 L に沿うよう掘進させるべく、シールド掘進機 10 に作用するジャッキ推力の作用力点として推奨する推奨力点を方向制御システム 100 を用いて算出し、この推奨力点を用いてシールド掘進機 10 の掘進方向をシールド制御装置 15 にて制御する。

【 0 0 2 6 】

以下に、方向制御システム 100 の詳細とシールド掘進機 10 の方向制御方法を、図 3 で示すフロー図にしたがって説明する。なお、本実施の形態では、シールド掘進機 10 が所定区間としてセグメント 13 の 1 リング分を掘進するごとに、計画線形 L からシールド掘進機 10 が逸脱することのないよう、掘進方向の制御を行う場合を事例に挙げ、説明する。

10

【 0 0 2 7 】

< S T E P 1 >

シールド掘進機 10 により地盤をセグメント 13 の 1 リング分を掘進した後、シールド掘進機 10 を一旦停止させ、前述の計測機器を用いてシールド掘進機 10 の位置を計測し、掘進管理 / 線形管理装置 20 に記録する。

【 0 0 2 8 】

また、前述の計測機器から得た計測結果に基づいて、シールド掘進機 10 の実績ストローク差、実績ピッチング角および実績ピッチング角度差を、掘進管理 / 線形管理装置 20 にて算出し記録する。

【 0 0 2 9 】

20

なお、ストローク差は、シールド掘進機 10 の水平面内における左右方向の回転量であり、図 4 で示すような、シールド掘進機 10 の正面視で左右端に位置する一対のシールドジャッキ 141 の、伸長量から算定される。そして、実績ストローク差は、セグメント 13 の 1 リング分を掘進した後のストローク差をいう。

【 0 0 3 0 】

ピッチング角は、図 4 で示すような複数のシールドジャッキ 14 のうち、上下端に位置するシールドジャッキ 142 のストローク差から算出、あるいはシールド掘進機 10 に装備されている計測機器により測定される。そして、実績ピッチング角は、セグメント 13 の 1 リング分を掘進した後のピッチング角、実績ピッチング角度差は、セグメント 13 の 1 リング分を掘進した前後のピッチング角の差を、それぞれいう。

30

【 0 0 3 1 】

さらに、図 4 で示すように、シールド掘進機 10 に作用したシールドジャッキ 14 のジャッキ推力から、シールド掘進機 10 の軸線 O を通る水平方向線上の実績水平力点 H 1、垂直方向線上の実績垂直力点 P 1 を、掘進管理 / 線形管理装置 20 にて算出し記録する。

【 0 0 3 2 】

水平力点は、シールド掘進機 10 に作用した複数のシールドジャッキ 14 各々の、ジャッキ推力の合力に基づいて算出したシールド掘進機の軸線 O を通る水平方向線上の作用点であり、実績水平力点 H 1 は、セグメント 13 の 1 リング分を掘進した後の水平力点をいう。また、垂直力点は、シールド掘進機 10 に作用した複数のシールドジャッキ 14 各々の、ジャッキ推力の合力に基づいて算出した、シールド掘進機の軸線 O を通る水平方向線と直交する垂直方向線上の作用点であり、実績垂直力点 P 1 は、セグメント 13 の 1 リング分を掘進した後の垂直力点をいう。

40

【 0 0 3 3 】

これらシールド掘進機 10 の位置、実績ストローク差、実績ピッチング角、実績ピッチング角度差、実績水平力点 H 1 および実績垂直力点 P 1 の各データは、計測または算出されるごとに掘進管理 / 線形管理装置 20 に記録されるだけでなく方向制御装置 30 に送信され、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納・蓄積される。

【 0 0 3 4 】

上記の作業を繰り返し、各データが所定の数量蓄積されたところで、< S T E P 2 > 以降の作業を開始する。なお、本実施の形態では、掘進開始時からセグメント 13 の 30 リ

50

ング分だけ各データを蓄積するまで、上述の作業を繰り返したが、各データの蓄積数量は、施工現場の地盤状況やシールド掘進機 10 の性能等に応じて、適宜決定すればよい。

【 0 0 3 5 】

< S T E P 2 >

シールド掘進機 10 の現在位置からシールド掘進機 10 の計画線形 L に対する逸脱量  $D_h$ 、 $D_p$  を、掘進管理 / 線形管理装置 20 にて算定する。逸脱量  $D_h$  は、図 5 ( a ) で示すような計画線形 L に対するシールド掘進機 10 の水平方向のズレ量であり、逸脱量  $D_p$  は、図 5 ( b ) で示すような計画線形 L に対するシールド掘進機 10 の鉛直方向のズレ量である。

【 0 0 3 6 】

10

なお、シールド掘進機 10 の現在位置は、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に蓄積されている、シールド掘進機 10 の位置情報の最新値がこれに相当する。また、シールド掘進機 10 の計画線形 L に対する逸脱量  $D_h$ 、 $D_p$  も、掘進管理 / 線形管理装置 20 から方向制御装置 30 に送信されることにより、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納・蓄積される。

【 0 0 3 7 】

算定した逸脱量  $D_h$ 、 $D_p$  に基づいて、現場職員は、計画線形 L から逸脱したシールド掘進機 10 を、次の掘進作業で計画線形 L に戻しつつ沿わせるための進行計画を立案するとともに、進行計画を実現するためのストローク差とピッチング角の進行目標値、もしくはピッチング角度差の進行目標値（ピッチング角の現在値とピッチング角の進行目標値との差）を算出する。

20

【 0 0 3 8 】

具体的には、計画線形 L に戻しつつ沿わせるための予想線形を作成するとともに、予想線形にのせるためのシールド掘進機 10 の曲げ量を算出する。算出した曲げ量を生じさせるために必要なシールドジャッキ 14 のジャッキ推力を、垂直および水平方向のベクトル量として計算する。その計算結果から、このジャッキ推力を生じさせるための最適なストローク差とピッチング角、もしくはピッチング角度差（ピッチング角の現在値とジャッキ推力を生じさせるための最適なピッチング角との差）を算出する。これらを、ストローク差の進行目標値、およびピッチング角の進行目標値もしくはピッチング角度差の進行目標値として設定し、入力装置 31 を介して方向制御装置 30 に入力する。

30

【 0 0 3 9 】

< 実目標値算出部 >

方向制御装置 30 に進行目標値が入力されたところで、中央演算処理装置 33 がメインメモリ 35 に格納されている実目標値算出部 351 の指令を受け、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納されている、ストロークの現在値を取り出し、これと進行目標値との差からストローク差の実目標値を算出する。同様に、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納されている、ピッチング角の現在値を取り出し、これと進行目標値（ピッチング角度差もしくはピッチング角）を参照し、ピッチング角度差の実目標値（目標ピッチング角度差）を算出する。

【 0 0 4 0 】

40

なお、ストローク差およびピッチング角の現在値は各々、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に蓄積されている、実績ストローク差および実績ピッチング角の各々の最新値が、これに相当する。

【 0 0 4 1 】

< 回帰分析結果取得部 >

次いで、中央演算処理装置 33 がメインメモリ 35 に格納されている回帰分析結果取得部 352 の指令を受け、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納されている実績ストローク差と実績水平力点 H1 を用いて、両者の回帰分析をデータ数を変更して複数回実施する。同様に、ファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納した実績ピッチング角度差と実績垂直力点 P1 を用いて、両者の回帰分析をデータ数を変更して複数回実施する。

50

## 【 0 0 4 2 】

本実施の形態では、＜ S T E P 2 ＞を開始するまで＜ S T E P 1 ＞の作業を 3 0 回繰り返し、セグメント 1 3 の 3 0 リング分だけ実績ストローク差と実績水平力点 H 1 を蓄積している。そこで、回帰分析に用いるデータの数量を、3 0 リング分のデータのうち、最新のデータから連続して（以降、直近という）1 0 リング分、直近 2 0 リング分、および 3 0 リング分全部の 3 パターンを準備し、この 3 パターン各々で回帰分析を行った。

## 【 0 0 4 3 】

実績ストローク差と実績水平力点 H 1 の回帰分析結果を、例えば図 6 ( a ) ~ ( c ) のようなグラフとして、また、実績ピッチング角度差と実績垂直力点 P 1 の回帰分析結果を、例えば図 7 ( a ) ~ ( c ) のようなグラフとして、それぞれ出力装置 3 2 に出力する。これと同時に、ファイル装置 3 4 の回帰分析結果格納ファイル 3 4 2 にも、実績ストローク差と実績水平力点 H 1 の回帰分析結果および実績ピッチング角度差と実績垂直力点 P 1 の回帰分析結果を格納する。

## 【 0 0 4 4 】

< 力点位置算出部 >

実績ストローク差と実績水平力点 H 1 の回帰分析結果、および実績ピッチング角度差と実績水平力点 P 1 の回帰分析結果の各々について、中央演算処理装置 3 3 が、メインメモリ 3 5 に格納されている力点位置算出部 3 5 3 の指令を受け、3 パターンの中から最も高い相関係数を得たデータ数に基づく回帰直線を選択する。

## 【 0 0 4 5 】

この後、次の掘進作業でシールド掘進機 1 0 を計画線形 L に戻しつつ沿うよう掘進させるべく、ジャッキ推力の作用力点として推奨する推奨力点を設定するための推奨水平力点 H 2 を、選択された実績ストローク差と実績水平力点 H 1 の回帰直線に、実目標値算出部 3 5 1 で算出したストローク差の実目標値を当てはめることにより算出する。同様に、推奨力点を設定するための推奨垂直力点 P 2 を、選択された実績ピッチング角度差と実績垂直力点 P 1 の回帰直線に、実目標値算出部 3 5 1 で算出したピッチング角の実目標値（目標ピッチング角度差）を当てはめることにより算出する。

## 【 0 0 4 6 】

例えば、実績ストローク差と実績水平力点 H 1 の相関係数について、図 6 ( a ) ~ ( c ) をみると、図 6 ( b ) の直近 2 0 リング分のデータを用いて回帰分析を行った場合の相関係数 R が 0 . 7 5 と最も高く、相関関係をよく表している。したがって、本実施の形態では推奨水平力点 H 2 の算定に、直近 2 0 リング分のデータから得た回帰直線を選択した。

## 【 0 0 4 7 】

一方、実績ピッチング角度差と実績垂直力点 P 1 の相関係数について、図 7 ( a ) ~ ( c ) をみると、図 7 ( c ) の直近 3 0 リング分のデータを用いて回帰分析を行った場合の相関係数 R が 0 . 7 5 と最も高く、相関関係をよく表している。したがって、本実施の形態では推奨垂直力点 P 2 の算定に、直近 3 0 リング分のデータから得た回帰直線を選択した。

## 【 0 0 4 8 】

このような、回帰直線を選択作業は、例えば、図 8 で示すように、シールド掘進機 1 0 が一様な地盤を掘進している場合や、図 9 で示すような地盤の変化直前直後の地点を掘進する場合には、上記の手順のとおり、データの数量を変えた 3 パターンのうち、もっとも相関係数の高いものを、力点位置算出部 3 5 3 にて自動選択させるとよい。これにより、現地盤の特性を的確に反映した回帰直線を用いて、推奨水平力点 H 2 および推奨垂直力点 P 2 を算定できる。したがって、これらを用いて設定した推奨力点の信頼性も高いものとなり、推奨力点を用いたシールド掘進機 1 0 の方向制御に係る正確性も向上させることが可能となる。

## 【 0 0 4 9 】

また、シールド掘進機 1 0 が、図 1 0 で示すような地盤が変化した後の地点をシールド

10

20

30

40

50

掘進機 10 が掘進する場合は、地盤性状が一様な範囲にある直近 10 リング分のデータより得た回帰分析結果の方が、直近 30 リング分のデータより得た回帰分析結果よりも相関係数が高くなる。そして、直近 30 リング分のデータよりも直近 10 リング分のデータの方が、変化後の地盤の特性を的確に反映していることになる。したがって、直近 10 リング分のデータを用いて回帰分析を行った場合の回帰分析を選択し推奨水平力点 H 2 および推奨垂直力点 P 2 を算出することにより、地盤の変化に対して迅速に対応した推奨力点を設定することが可能となる。

#### 【 0 0 5 0 】

なお、回帰直線を選択作業は、現場職員もしくはシールド掘進機 10 のオペレーターが、シールド掘進機 10 の現在位置と地盤の状況および出力装置 3 2 に出力された算出結果を総合的に判断し、入力装置 3 1 を介して最も適している回帰直線を手動で選択してもよい。

10

#### 【 0 0 5 1 】

##### < S T E P 3 >

上記のとおり、適宜選択された実績ストローク差と実績水平力点 H 1 の回帰直線と、ストローク差の実目標値から算定した推奨水平力点 H 2、および実適宜選択された実績ピッチング角度差と実績垂直力点 P 1 の回帰直線と、ピッチング角度差の実目標値（目標ピッチング角度差）から算定した推奨垂直力点 P 2 を合成し、図 1 1 で示すように推奨力点を決定する。これらは、出力装置 3 2 だけでなく、ファイル装置 3 4 の回帰分析結果格納ファイル 3 4 2 に格納するとともに、多重伝送装置親局 2 1 および多重伝送装置子局 2 2 を介して、シールド制御装置 1 5 の操作盤（図示せず）に出力させる。

20

#### 【 0 0 5 2 】

シールド掘進機 10 のオペレーターは、シールド制御装置 1 5 の操作盤上に表示された推奨力点を参照しつつ、シールド掘進機 10 の性能や地盤状況を勘案し、図 1 2 で示すように、シールド掘進機 10 を計画線形 L に戻しつつ沿うよう最適な作用力点として目標力点を決定し、シールド制御装置 1 5 に入力する。これにより、オペレーター個々人の技能差等による判断ブレを最小限に抑えて、常時安定した精度の目標力点を決定することが可能となる。

#### 【 0 0 5 3 】

この後、シールド制御装置 1 5 にシールドジャッキ 1 4 の自動選択およびジャッキ同調圧の自動制御を実施可能なシステムが搭載されている場合には、シールド掘進機 10 の掘進作業を再開するのみで、運転中のシールド掘進機 10 に作用するジャッキ推力の実力点が、目標力点を追従するよう自動制御される。したがって、シールド掘進機 10 に対して、安定した方向制御を実施することが可能となる。

30

#### 【 0 0 5 4 】

なお、目標力点を設定せず、推奨力点をシールド掘進機 10 を計画線形 L に戻しつつ沿うよう最適な作用力点として採用することにより、シールド掘進機 10 の自動運転技術に活用できる。

#### 【 0 0 5 5 】

一方、シールド制御装置 1 5 が、上記のようなシールドジャッキ 1 4 の自動制御に係るシステムを搭載していない場合には、方向制御装置 3 0 の中央演算処理装置 3 3 が、メインメモリ 3 5 に格納されているジャッキパターン選択部 3 5 4 の指令を受け、ファイル装置 3 4 に格納されているジャッキパターンテーブルファイル 3 4 3 から、シールド掘進機 10 のオペレーターが決定した目標力点に作用力点が最も近いジャッキパターンを選択する。

40

#### 【 0 0 5 6 】

もしくは、ファイル装置 3 4 に格納されているジャッキパターンテーブルファイル 3 4 3 を方向制御装置 3 0 の出力装置 3 2 に出力させ、シールド掘進機 10 のオペレーターの判断により、最適なジャッキパターンを適宜選択してもよい

#### 【 0 0 5 7 】

50

このように、選択したジャッキパターンに係る情報を、方向制御装置 30 を介してシールド制御装置 15 に制御信号として出力する。これにより、シールド掘進機 10 は、セグメント 13 の 1 リング分を掘進した後に、シールド掘進機 10 に作用する実力点が目標力点に近接するよう、シールド制御装置 15 によって掘進制御される。

#### 【0058】

なお、ファイル装置 34 に格納されているジャッキパターンテーブルファイル 343 には、シールド掘進機 10 に作用させるジャッキ推力の作用力点とこれを実現するシールドジャッキ 14 のジャッキパターンの組み合わせが、複数組データ化されて格納されている。

#### 【0059】

また、＜STEP 2＞および＜STEP 3＞を経て、セグメント 13 の 1 リング分だけ掘進した後のシールド掘進機 10 のストローク差、ピッチング角度、およびピッチング角度と 1 リング前のピッチング角度との差はそれぞれ、実績ストローク差、実績ピッチング角、および実績ピッチング角度差として、掘進管理 / 線形管理装置 20 およびファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納・蓄積される。

#### 【0060】

同様に、セグメント 13 の 1 リング分掘進させた後のシールド掘進機 10 に作用したジャッキ推力の実力点は、実績水平力点 H1 および実績垂直力点 P1 として、掘進管理 / 線形管理装置 20 およびファイル装置 34 の測量ファイル 341 に格納・蓄積される。

#### 【0061】

上述する＜STEP 1＞～＜STEP 3＞の作業を、シールド掘進機 10 が目標地点に到達するまで、セグメント 13 の 1 リング分を掘進することに繰り返す。

#### 【0062】

本発明のシールド掘進機 100 は、上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

#### 【0063】

例えば、本実施の形態では、実績ストローク差と実績水平力点 H1 および実績ピッチング角度差と実績垂直力点 P1 の各々について、回帰分析に用いるデータの数量を、30 リング分のデータのうち、掘進作業の直近 10 リング分、直近 20 リング分、および直近 30 リング分の 3 パターンを準備した。しかし、データの数量はこれに限定されるものではなく、回帰分析に用いるデータ数量のパターン数も、いずれに設定してもよい。

#### 【0064】

また、本実施の形態では、推奨水平力点 H2 および推奨垂直力点 P2 を算定する際に用いる回帰分析結果として回帰直線を採用したが、必ずしもこれに限定されるものではなく、例えば、多項式近似曲線や指数近似曲線等の近似曲線を用いてもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0065】

10 シールド掘進機  
 11 外殻体  
 12 トンネル  
 13 セグメント  
 14 シールドジャッキ  
 15 シールド制御装置  
 16 レーザー発振機  
 17 光波距離計  
 18 レーザーターゲット

20 掘進管理 / 線形管理装置  
 21 多重伝送装置親局  
 22 多重伝送装置子局

10

20

30

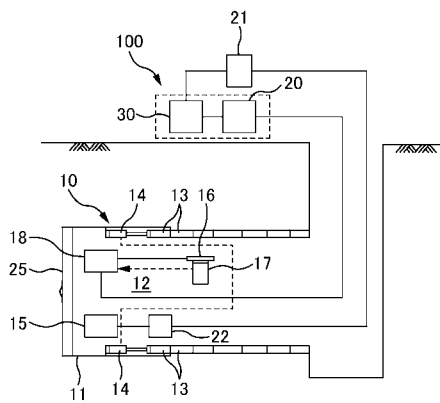
40

50

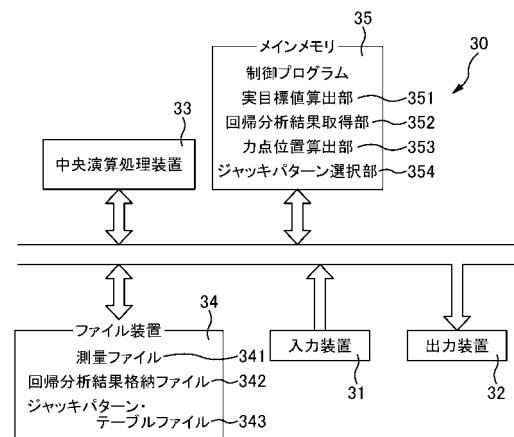
- 3 0 方向制御装置
- 3 1 入力装置
- 3 2 出力装置
- 3 3 中央演算処理装置
- 3 4 ファイル装置
- 3 4 1 測量ファイル
- 3 4 2 回帰分析結果格納ファイル
- 3 4 3 ジャッキパターンテーブルファイル
- 3 5 メインメモリ
- 3 5 1 実目標値算出部
- 3 5 2 回帰分析結果取得部
- 3 5 3 カ点位置算出部
- 3 5 4 ジャッキパターン選択部
- 1 0 0 方向制御システム

10

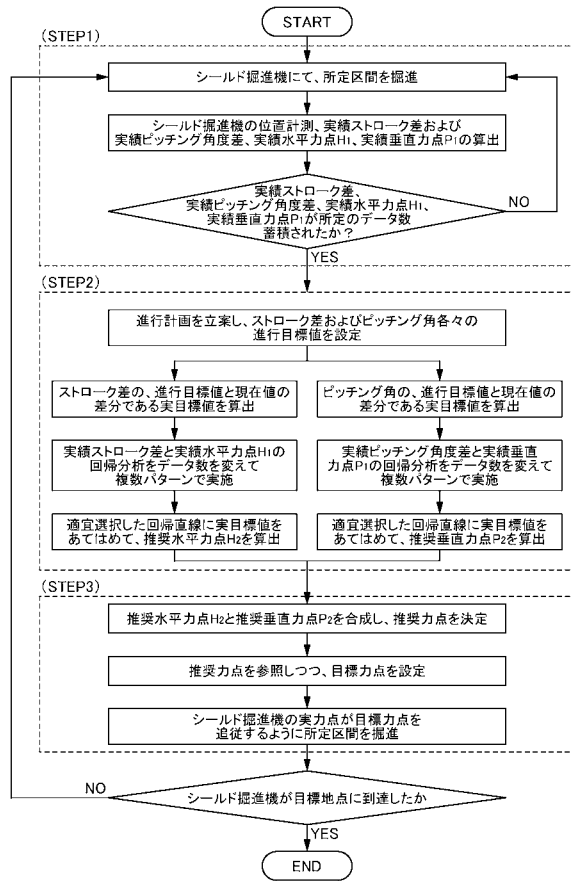
【図 1】



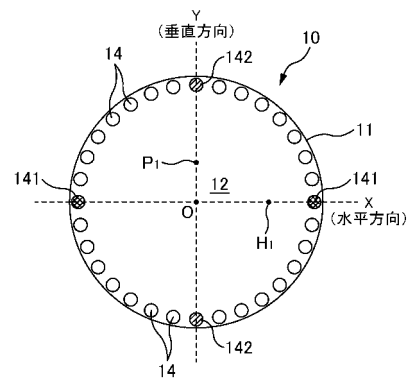
【図 2】



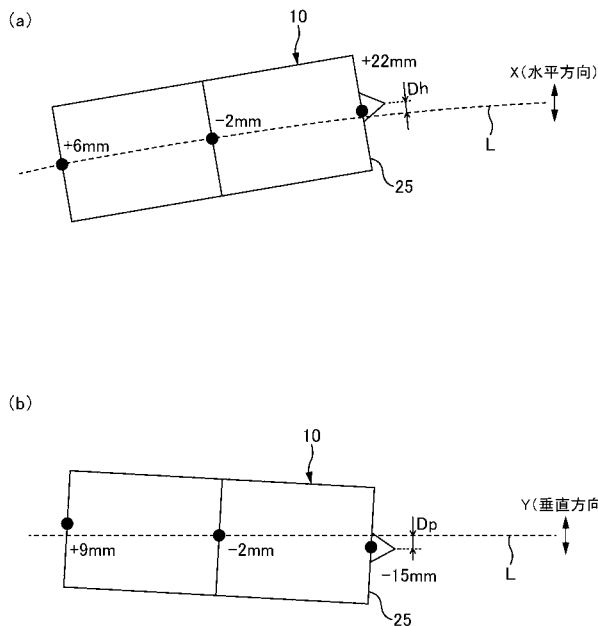
【 図 3 】



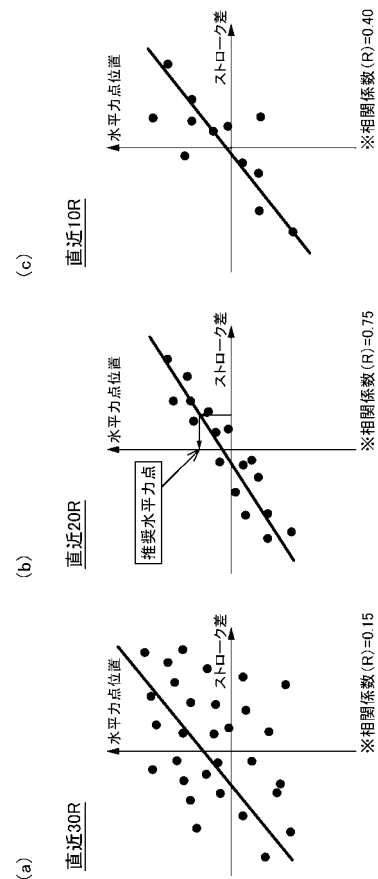
【 図 4 】



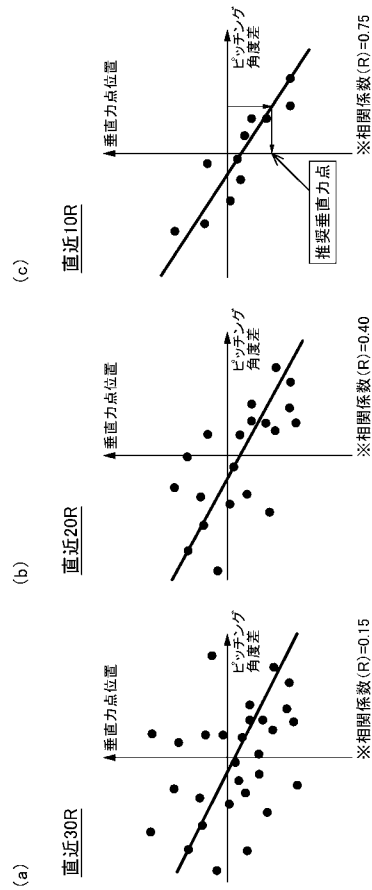
【 図 5 】



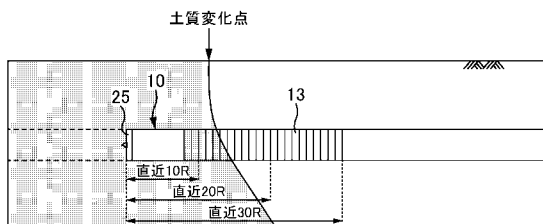
【 図 6 】



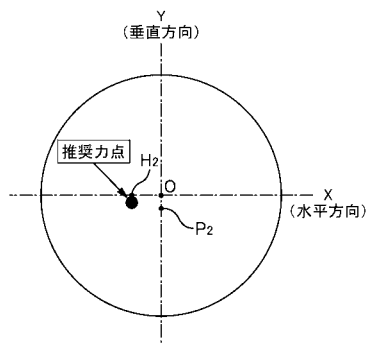
【 図 7 】



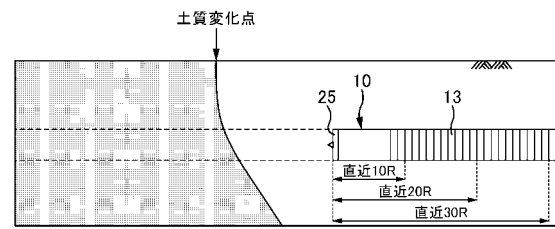
【 図 1 0 】



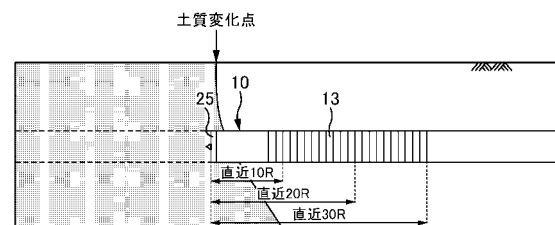
【 図 1 1 】



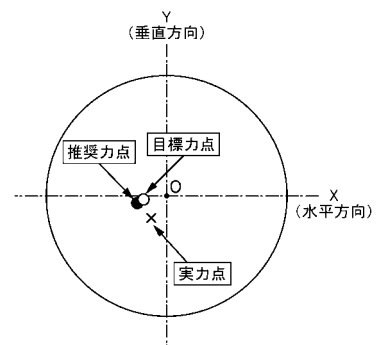
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 2 】



---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2D054 AA01 AC01 AD32 GA02 GA04 GA20 GA25 GA34 GA56 GA62  
GA64 GA65 GA82 GA94 GA97