

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7245714号
(P7245714)

(45)発行日 令和5年3月24日(2023.3.24)

(24)登録日 令和5年3月15日(2023.3.15)

(51)国際特許分類

F I

E 2 1 D 9/06 (2006.01) E 2 1 D 9/06 3 0 2 Z

請求項の数 6 (全13頁)

(21)出願番号	特願2019-98216(P2019-98216)	(73)特許権者	516308364
(22)出願日	令和1年5月27日(2019.5.27)		J I Mテクノロジー株式会社
(65)公開番号	特開2020-193450(P2020-193450 A)	(73)特許権者	000000549
(43)公開日	令和2年12月3日(2020.12.3)		株式会社大林組
審査請求日	令和4年4月4日(2022.4.4)		東京都港区港南二丁目1 5 番 2 号
		(74)代理人	110000936
			弁理士法人青海国際特許事務所
		(72)発明者	井上 年史
			神奈川県川崎市川崎区日進町1 番地 1 4
			J I Mテクノロジー株式会社内
		(72)発明者	杉山 雅彦
			神奈川県川崎市川崎区日進町1 番地 1 4
			J I Mテクノロジー株式会社内
		(72)発明者	村上 賢
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 トンネル掘削機及びトンネル掘削方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクトラ装置とを備えるトンネル掘削機であって、

一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進ジャッキと、

前記掘削機本体に発生する振動を計測する計測手段と、

前記推進ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記計測手段の計測結果に基づき、前記掘削機本体に発生する振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力する伸縮制御を行う制御手段とを備え、

前記推進ジャッキは、前記他端により既設の前記覆工部材を押圧した状態で、前記逆位相振動を発生させる

ことを特徴とするトンネル掘削機。

【請求項2】

前記推進ジャッキは、複数であり、所定数ずつの複数のグループに分けられ、

前記計測手段は、前記グループに対応する位置に、それぞれ設けられ、

前記制御手段は、前記計測手段の計測結果に基づき、前記グループごとに前記推進ジャッキの制御を行う

ことを特徴とする請求項1に記載のトンネル掘削機。

【請求項 3】

筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクトラ装置とを備えるトンネル掘削機であって、

一端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進用ジャッキ、及び、一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が当該推進用ジャッキの他端に固定される、伸縮可能な制振用ジャッキをそれぞれ備える、ジャッキ装置と、

前記掘削機本体に発生する振動を計測する計測手段と、

前記推進用ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記制振用ジャッキに対し、前記計測手段の計測結果に基づき、前記掘削機本体に発生する振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力する伸縮制御を行う制御手段とを備えることを特徴とするトンネル掘削機。

10

【請求項 4】

前記ジャッキ装置は、複数であり、所定数ずつの複数のグループに分けられ、

前記計測手段は、前記グループに対応する位置に、それぞれ設けられ、

前記制御手段は、前記計測手段の計測結果に基づき、前記グループごとに前記制振用ジャッキの制御を行う

ことを特徴とする請求項 3 に記載のトンネル掘削機。

【請求項 5】

20

筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクトラ装置とを備えるトンネル掘削機を用いたトンネル掘削方法であって、

前記トンネル掘削機は、さらに、一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進ジャッキを備えるものであり、

前記推進ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記掘削機本体に発生する振動を計測し、当該振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力するように伸縮制御を行い、

前記推進ジャッキは、前記他端により既設の前記覆工部材を押圧した状態で、前記逆位相振動を発生させる

30

ことを特徴とするトンネル掘削方法。

【請求項 6】

筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクトラ装置とを備えるトンネル掘削機を用いたトンネル掘削方法であって、

前記トンネル掘削機は、さらに、一端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進用ジャッキ、及び、一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が当該推進用ジャッキの他端に固定される、伸縮可能な制振用ジャッキをそれぞれ備える、ジャッキ装置を備えるものであり、

40

前記推進用ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記掘削機本体に発生する振動を計測し、前記制振用ジャッキに対し、当該振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力するように伸縮制御を行う

ことを特徴とするトンネル掘削方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、地盤を掘削する際に発生する振動を抑制するトンネル掘削機及びトンネル掘削方法に関する。

【背景技術】

50

【0002】

一般的なトンネル掘削機は、カッタヘッドを回転させ、そのカッタヘッドの前面に装着された複数のカッタが前方の地盤に切羽を形成することにより、トンネルを掘削することができる。

【0003】

このとき、掘削する地盤が岩盤等の硬質地盤である場合には、カッタヘッド及び掘削機本体に大きな振動が発生する。そしてこの振動は、地中を伝わり地表の住宅や地下施設等の周辺地域に振動被害を及ぼすおそれがある。

【0004】

そこで、例えば下記特許文献1では、トンネル掘削機に複数の加振器を設け、これらの加振器を駆動させ、カッタヘッド及び掘削機本体に発生する振動の位相と逆位相の振動を出力することにより、カッタヘッド及び掘削機本体に発生する振動を相殺、抑制している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2015-155597号公報

特開2017-172162号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、上記特許文献1のようなトンネル掘削機においては、加振器の設置面と、加振器が逆位相振動を与える面とが同じになっているため、加振器が逆位相振動を出力しても、その振動によって加振器自体が振れてしまうことになり、出力した逆位相振動をカッタヘッドや掘削機本体に対して適切に伝達させることができず、発生した振動を十分に抑制させることができないおそれがある。

【0007】

そこで、上記特許文献2には、掘削時にカッタヘッドに発生した振動を、両端が固定された制振ジャッキを用いて抑制することにより、周辺地域への振動被害を防止するトンネル掘削機が開示されている。

【0008】

しかしながら、上記特許文献2においては、掘削機本体の外周に沿って設けられた方向制御ジャッキを制振ジャッキとして併用しており、この方向制御ジャッキ兼制振ジャッキは、掘削機本体の軸方向における前胴と後胴との境に設けられているため、そもそも掘削機本体が前胴と後胴に分かれていない構造のトンネル掘削機においては、上記特許文献2の技術は適用することができない。

【0009】

上記技術的課題に鑑み、本発明は、掘削機本体の構造に依らず、確実に制振を行うことができるトンネル掘削機及びトンネル掘削方法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】

上記課題を解決するための第1の発明に係るトンネル掘削機は、
筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクトラ装置とを備えるトンネル掘削機であって、
一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進ジャッキと、
前記掘削機本体に発生する振動を計測する計測手段と、
前記推進ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記計測手段の計測結果に基づき、前記掘削機本体に発生する振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力する伸縮制御を行う制御手段とを備え、

前記推進ジャッキは、前記他端により既設の前記覆工部材を押圧した状態で、前記逆位相振動を発生させる

ことを特徴とする。

【0011】

上記課題を解決するための第2の発明に係るトンネル掘削機は、

上記第1の発明に係るトンネル掘削機において、

前記推進ジャッキは、複数であり、所定数ずつの複数のグループに分けられ、

前記計測手段は、前記グループに対応する位置に、それぞれ設けられ、

前記制御手段は、前記計測手段の計測結果に基づき、前記グループごとに前記推進ジャッキの制御を行う

ことを特徴とする。

【0012】

上記課題を解決するための第3の発明に係るトンネル掘削機は、

筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクタ装置とを備えるトンネル掘削機であって、

一端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進用ジャッキ、及び、一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が当該推進用ジャッキの他端に固定される、伸縮可能な制振用ジャッキをそれぞれ備える、ジャッキ装置と、

前記掘削機本体に発生する振動を計測する計測手段と、

前記推進用ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記制振用ジャッキに対し、前記計測手段の計測結果に基づき、前記掘削機本体に発生する振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力する伸縮制御を行う制御手段とを備えることを特徴とする。

【0013】

上記課題を解決するための第4の発明に係るトンネル掘削機は、

上記第3の発明に係るトンネル掘削機において、

前記ジャッキ装置は、複数であり、所定数ずつの複数のグループに分けられ、

前記計測手段は、前記グループに対応する位置に、それぞれ設けられ、

前記制御手段は、前記計測手段の計測結果に基づき、前記グループごとに前記制振用ジャッキの制御を行う

ことを特徴とする。

【0014】

上記課題を解決するための第5の発明に係るトンネル掘削方法は、

筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクタ装置とを備えるトンネル掘削機を用いたトンネル掘削方法であって、

前記トンネル掘削機は、さらに、一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進ジャッキを備えるものであり、

前記推進ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記掘削機本体に発生する振動を計測し、当該振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力するように伸縮制御を行い、

前記推進ジャッキは、前記他端により既設の前記覆工部材を押圧した状態で、前記逆位相振動を発生させる

ことを特徴とする。

【0015】

上記課題を解決するための第6の発明に係るトンネル掘削方法は、

筒状の掘削機本体と、前記掘削機本体の前端において地盤を掘削するカッタヘッドと、

10

20

30

40

50

前記掘削機本体の後方において、掘削されたトンネルの内壁面に沿って覆工部材を組立可能とするエレクタ装置とを備えるトンネル掘削機を用いたトンネル掘削方法であって、

前記トンネル掘削機は、さらに、一端が既設の前記覆工部材を押圧可能とする、伸縮可能な推進用ジャッキ、及び、一端が、前記掘削機本体及び当該掘削機本体に固定された部材のうち、任意の位置に固定され、他端が当該推進用ジャッキの他端に固定される、伸縮可能な制振用ジャッキをそれぞれ備える、ジャッキ装置を備えるものであり、

前記推進用ジャッキに対し、前記掘削機本体を前進させる伸縮制御を行うとともに、前記掘削機本体に発生する振動を計測し、前記制振用ジャッキに対し、当該振動の位相に対して逆位相となる逆位相振動を出力するように伸縮制御を行う

ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係るトンネル掘削機及びトンネル掘削方法によれば、掘削機本体の構造に依らず、確実に制振を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の実施例1に係るトンネル掘削機を説明する概略断面矢視図である。

【図2】本発明の実施例2における推進ジャッキを説明する拡大断面矢視図である。

【図3】本発明の実施例2における推進ジャッキの他の形態を説明する拡大断面矢視図である。

【図4】本発明の実施例3における推進ジャッキを説明する拡大断面矢視図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明に係るトンネル掘削機及びトンネル掘削方法について、実施例にて図面を用いて説明する。なお、下記実施例中の「前」及び「後」との表現は、トンネル延伸方向においてトンネル掘削機の向きを基準とした「前」及び「後」を示すものとする。

【0019】

【実施例1】

図1は、本実施例に係るトンネル掘削機（トンネル掘削機1）を説明する概略断面矢視図である。図1に示すように、トンネル掘削機1は、主に、円筒状の掘削機本体10、及び、円盤状のカッタヘッド11を備えている。

【0020】

カッタヘッド11は、円筒状の掘削機本体10の前端に設けられている。また、カッタヘッド11の中心部にはカッタ回転軸11aの前端が嵌入されている。

【0021】

掘削機本体10の内周面10aには、カッタヘッド11よりも後方側において隔壁12が配されている。隔壁12の中心部にはカッタ回転軸11aが、その外周側には、連結部材11bが、ともに回転可能に支持されており、隔壁12の後面には、カッタ旋回用モータ13が設けられている。

【0022】

このカッタ旋回用モータ13を駆動させることにより、図示しないギヤ機構及び連結部材11bを介して、カッタヘッド11を、カッタ回転軸11aを中心として回転させ、地盤（切羽）を掘削することができる。

【0023】

カッタヘッド11と隔壁12との間には、チャンバ14が区画形成されている。チャンバ14は、掘削土砂を一時的に蓄えるための空間（室）となっており、チャンバ14内には、カッタヘッド11による地盤掘削に伴って発生する掘削土砂が取り込まれる。

【0024】

また、掘削機本体10の内部には、スクリュコンベヤ15が設けられている。このスクリュコンベヤ15は、前端の開口部が、隔壁12の（鉛直方向における）下方位置を

10

20

30

40

50

貫通してチャンバ 14 内に挿入されており、後方側に向かうに従い（鉛直方向上方における）位置するように傾斜して配置されている。

【0025】

これにより、スクリュコンベヤ 15 を駆動させることで、チャンバ 14 内に蓄えられた掘削土砂を掘削機本体 10 の後方に向けて排出することができる。

【0026】

さらに、掘削機本体 10 の隔壁 12 よりも後方側には、掘削機本体 10 の内周面 10a に、例えば略井桁状に配されるビーム 18 が設けられている。

【0027】

ビーム 18 の後面には、エレクトラ装置 19 が掘削機本体 10 の軸方向、径方向、及び周方向（すなわちトンネル延伸方向、径方向、及び周方向）に移動可能に支持されている。このエレクトラ装置 19 は、覆工部材としてのセグメント S を把持可能となっており、その把持したセグメント S をトンネル T の内壁面（坑壁）に沿って組立可能となっている。

【0028】

セグメント S は、掘削されたトンネル T の内壁面に対応する形状の環片となっている。従って、エレクトラ装置 19 を駆動させることにより、複数のセグメント S をトンネル周方向に沿ってリング状に組み立てることができる。

【0029】

また、掘削機本体 10 には、複数の推進ジャッキ 20 が、内周面 10a に沿って、かつ、その周方向において所定の間隔で、並設されている。そして、これらの推進ジャッキ 20 は、後述の制御装置 21 によって動作制御が行われる。

【0030】

さらに、掘削機本体 10 は、その内周面 10a から径方向内側に突出しつつ、隔壁 12 に対し後方側から固定される円環状部材 23 を有しており、推進ジャッキ 20 の前端は、この円環状部材 23 の後面に固定されている。さらに、推進ジャッキ 20 の後端は、既設（エレクトラ装置 19 によって既に設置済み）のセグメント S を押圧可能である。

【0031】

このうち、推進ジャッキ 20 の後端側については、駆動ロッド 20b をトンネル延伸方向に伸縮可能としており、駆動ロッド 20b の先端には、スプレッド 20a が装着されている。このスプレッド 20a は、既設のセグメント S における前端面と対向している。

【0032】

したがって、推進ジャッキ 20 の駆動ロッド 20b を、後方側に向けて伸長して、スプレッド 20a を既設のセグメント S に押圧させることにより、円環状部材 23 を介して掘削機本体 10 に推進反力を与えることができる。すなわち、掘削機本体 10 は、推進ジャッキ 20 がセグメント S を押圧したときに発生する推進反力によって、前進可能となっている。

【0033】

また、推進ジャッキ 20 は、駆動ロッド 20b を小刻みに繰り返し伸縮させることにより、振動を発生させることができる。この推進ジャッキ 20 の微伸縮によって発生された振動は、地盤の掘削に伴ってカッタヘッド 11 に発生した振動の位相と逆位相となる逆位相振動となっている。

【0034】

既に説明したように、円環状部材 23 は掘削機本体 10 の内周面 10a に固定されているため、掘削機本体 10 に発生した振動に対して、推進ジャッキ 20 による逆位相振動が干渉し、その振動を抑制することができる。また、推進ジャッキ 20 は、その後端がセグメント S を押圧した状態で、上記逆位相振動を発生させるため、特許文献 1 に開示された技術に比べ、より効果的な振動抑制が可能となる。また、特許文献 2 に開示された技術では、掘削機本体が前胴と後胴に分かれている構造のみに適用できるものであったが、本実施例は、掘削機本体が前胴と後胴に分かれていない構造に適用することができる。

【0035】

10

20

30

40

50

そして、推進ジャッキ 20 の推進反力の発生と逆位相振動の発生とは、同時に行われる。すなわち、逆位相振動は微少なストロークであり、ストロークが大きく滑らかで連続的な動きである推進反力の動きを阻害するものではないため、両者を同時に発生させることができる。

【0036】

ただし、推進ジャッキ 20 は、掘削機本体 10 に対し推進反力及び逆位相振動を伝達可能であれば良いため、円環状部材 23 に限らず、掘削機本体 10 及び掘削機本体 10 に固定される部材のうち、任意の位置に固定されるようにすればよい。

【0037】

また、円環状部材 23 には振動計測器（計測手段）22 が配されている。振動計測器 22 は、掘削機本体 10 に発生する振動（波形、周期、及び振幅）を計測するものである。

【0038】

ただし、振動計測器 22 は、上記位置に限らず、掘削機本体 10 に発生する振動を計測することができればどこでもよい。あるいは振動計測器 22 は、円環状部材 23 における各推進ジャッキ 20 の前端の固定位置に対応する位置に、それぞれ設けるようにしてもよい。

【0039】

また、掘削機本体 10 内には、制御装置（制御手段）21 が設けられている。この制御装置 21 は、推進ジャッキ 20 に対して油圧を給排するためのサーボ弁と、振動計測器 22 とに電氣的に接続されている。

【0040】

そして、制御装置 21 は、上記サーボ弁の弁開度を制御することで、推進ジャッキ 20 に対し、掘削機本体 10 を（セグメント S を押圧することによる推進反力によって）前進させるための伸縮制御を行うとともに、振動計測器 22 の計測結果に基づき、掘削機本体 10 に発生した振動の逆位相振動を算出し、当該逆位相振動を出力する伸縮制御を行う。

【0041】

このうち逆位相振動の出力については、制御装置 21 は、各振動計測器 22 によって計測された振動が入力されると、それらの振動を解析して、掘削機本体 10 に発生した振動の主体となる振動モードを特定した後、その振動モードに応じた逆位相振動の制御信号を、各推進ジャッキ 20 の上記サーボ弁に入力するようになっている。

なお、制御装置 21 は、上記サーボ弁の弁開度を制御することで、推進ジャッキ 20 に対し、掘削機本体 10 を前進させるための伸縮制御を行うとともに、掘削機本体 10 に発生した振動の逆位相振動を算出し、当該逆位相振動を出力する伸縮制御を行うとしたが、前進させるための伸縮制御は制御における油量は大油量であるがその変動が少なく、逆位相振動を出力する伸縮制御は制御における油量は小油量であるが変動が激しいという、顕著に違う特徴があるため、前者を通常マシンと同様の油圧制御バルブで分担し、後者を上記サーボ弁で分担し、両者を合流（合成）させることで推進ジャッキ 20 の制御を行ってもよい。

【0042】

なお、制御装置 21 が逆位相振動を出力する対象は、全ての推進ジャッキ 20 であっても一部の推進ジャッキ 20 であってもよい。また、振動計測器 22 は、制御装置 21 が逆位相振動を出力する対象の推進ジャッキ 20 に対応する位置に配置されるので、必ずしも全ての推進ジャッキ 20 に対応して配置されるものとは限らない。

【0043】

実際に掘削機本体 10 に発生する振動モードとしては、主としてトンネル延伸方向の振動があり、加えて、トンネル径方向（鉛直方向と水平方向）の振動も発生する。制御装置 21 においては、複数の推進ジャッキ 20 に対して、全て一括して制御するようにしても良いが、全ての推進ジャッキ 20 を（周方向に）所定数ずつの複数のグループに分け、振動計測器 22 の計測結果に基づき、このグループごとに（逆位相振動を）制御するようにしてもよい。

【0044】

以上より、トンネル掘削機1によってトンネル構造体を施工する場合には、先ず、カッタヘッド11を回転させながら、複数の推進ジャッキ20を伸長させて既設のセグメントSに押し付ける。これにより、掘削機本体10がその既設のセグメントSから推進反力を得て前進すると共に、回転するカッタヘッド11により、トンネルTが掘削される。

【0045】

このとき、地盤掘削によって発生した掘削土砂は、カッタヘッド11の掘削土砂取込口を介して、チャンバ14内に充填されることになり、そのチャンバ14は、充填された掘削土砂によって、所定の内圧に維持される。そして、チャンバ14内に充填された掘削土砂は、スクリーコンベヤ15の回転によって後方側に向けて排出される。

【0046】

これと同時に、短縮した推進ジャッキ20の後方側においては、エレクトラ装置19の駆動によって、これに保持されたセグメントSが、トンネルTの内壁面に沿って、リング状に順次組み立てられる。

【0047】

すなわち、カッタヘッド11の掘削による掘削量に見合う土砂量を、スクリーコンベヤ15によって円滑に排出して、チャンバ14内を常に掘削土砂によって充填させることにより、切羽の安定化を図りつつ、トンネルTを掘削するとともに、制御装置21の制御による推進ジャッキ20の伸長によって、既設のセグメントSから推進反力を取って掘進しながら、短縮させた推進ジャッキ20の後方側において、新たなセグメントSを組み立てる。

【0048】

また同時に、振動計測器22によって掘削機本体10の振動が計測されると、計測された振動の大きさに応じた逆位相振動が発生するように、制御装置21が推進ジャッキ20の伸縮を制御する。

【0049】

すなわち、制御装置21は、推進ジャッキ20に対し、概略的にはトンネル掘削機1を推進するために伸長させつつ、委細には掘削機本体10に発生する振動に対する逆位相振動を発生させるように微伸縮させる制御を行う。

【0050】

そして、推進ジャッキ20によって出力された逆位相振動は、掘削機本体10に伝達されることにより、掘削機本体10に発生した元の振動と干渉し、当該振動を減少させる。

【0051】

またこのとき、掘削機本体10に発生する振動モードに応じて、周方向に区分けされたグループごとに、推進ジャッキ20の伸縮を制御することで、掘削機本体10に発生する振動は逆位相振動によって十分に抑制されることになる。

【0052】

〔実施例2〕

本実施例は、実施例1のうち、推進ジャッキ20を後述するジャッキ装置30に、制御装置21を後述する制御装置31に、それぞれ変更したものである。以下では、実施例1と異なる部分を中心に説明し、重複部分は極力省略する。

【0053】

図2の拡大断面矢視図に示すように、本実施例におけるジャッキ装置（ジャッキ装置30）は、主たる構成として、推進用ジャッキ32及び制振用ジャッキ33を備えており、これら推進用ジャッキ32及び制振用ジャッキ33は、制御装置（制御手段）31によって、その伸縮が制御される。なお、ジャッキ装置30の設置箇所については、実施例1の推進ジャッキ20と同様である。

【0054】

推進用ジャッキ32は、前端面が制振用ジャッキ33の後端面に固定されており、後端側は既設のセグメントS（図1参照）を押圧可能となっている。

10

20

30

40

50

【0055】

推進用ジャッキ32の後端側については、駆動ロッド32bをトンネル延伸方向に伸縮可能としており、駆動ロッド32bの先端には、スプレッダ32aが装着されている。このスプレッダ32aは、既設のセグメントSにおける前端面と対向している。

【0056】

制振用ジャッキ33は、後端面が上述のごとく推進用ジャッキ32の前端面と固定されており、前端面は円環状部材23の後面に固定されている。

【0057】

制振用ジャッキ33の前端側については、駆動ロッド33bをトンネル延伸方向に微伸縮可能としており、駆動ロッド33bの先端にはスプレッダ33aが装着されている。そして、このスプレッダ33aが円環状部材23の後面に固定されている。

10

【0058】

ただし、図3に示すように、制振用ジャッキ33は、前後逆に配置してもよい。

【0059】

ジャッキ装置30は、推進用ジャッキ32及び制振用ジャッキ33を上記構成とすることで、まず推進用ジャッキ32が、駆動ロッド32bを後方側に向けて伸長して、スプレッダ32aを既設のセグメントSに押圧させることにより、制振用ジャッキ33及び円環状部材23を介して、掘削機本体10に推進反力を与えることができる。すなわち、掘削機本体10は、推進用ジャッキ32がセグメントSを押圧したときに発生する推進反力によって、前進可能となる。

20

【0060】

また、制振用ジャッキ33は、駆動ロッド33bを小刻みに繰り返し伸縮させることにより、振動を発生させることができる。この制振用ジャッキ33の微伸縮によって発生された振動は、地盤の掘削に伴ってカッタヘッド11に発生した振動の位相と逆位相となる逆位相振動となっている。

【0061】

そして、推進用ジャッキ32による推進反力の発生と、制振用ジャッキ33による逆位相振動の発生とは、後述の制御装置31の制御によって、同時に行われる。

【0062】

また、推進ジャッキ装置30は、実施例1同様、円環状部材23に限らず、掘削機本体10及び掘削機本体10に固定される部材のうち、任意の位置に固定されるようにすればよい。

30

【0063】

また、掘削機本体10内には、制御装置（制御手段）31が設けられている。この制御装置31は、推進用ジャッキ32に対して油圧を給排するための油圧制御バルブ、制振用ジャッキ33に対して油圧を給排するためのサーボ弁、及び、振動計測器22に、それぞれ電氣的に接続されている。

【0064】

そして、制御装置31は、上記油圧制御バルブを制御することで、推進用ジャッキ32に対し、掘削機本体10を（推進反力により）前進させるためのセグメントSへの押圧動作の制御を行うとともに、振動計測器22の計測結果に基づき、掘削機本体10に発生した振動の逆位相振動を算出し、上記サーボ弁の開度を制御することで、制振用ジャッキ33に対し、当該逆位相振動を出力するように制御を行う。

40

【0065】

また、制御装置31は、実施例1同様、複数のジャッキ装置30に対して、全て一括して上記制御するようにしても良いが、全てのジャッキ装置30を（周方向に）所定数ずつの複数のグループに分け、また、振動計測器22も各グループのジャッキ装置30に対応する位置及び個数を設け、振動計測器22の計測結果に基づき、グループごとにジャッキ装置30の逆位相振動を制御するようにしてもよい。

【0066】

50

なお、実施例１と同様に、制御装置３１が逆位相振動を出力する対象は、全てのジャッキ装置３０であっても一部のジャッキ装置３０であってもよい。また、振動計測器２２は、制御装置２１が逆位相振動を出力する対象の推進ジャッキ２０に対応する位置に配置されるので、必ずしも全ての推進ジャッキ２０に対応して配置されるものとは限らない。

【００６７】

換言すれば、制振用ジャッキ３３の装備数を推進用ジャッキ３２の装備数よりも少なくしてもよく、振動計測器２２は制振用ジャッキ３３に対応して設けられる。制振用ジャッキ３３が取り付けられていない推進用ジャッキ３２は、その前端面が、円環状部材２３に固定されることになる。

【００６８】

このようにして本実施例では、実施例１同様、掘削機本体１０に発生した振動を抑制することができる。

【００６９】

〔実施例３〕

本実施例に係るトンネル掘削機は、実施例２のうち、ジャッキ装置３０を後述するジャッキ装置４０に、制御装置３１を後述する制御装置４１に、それぞれ変更したものである。以下では、実施例２と異なる部分を中心に説明し、重複部分は極力省略する。

【００７０】

図４の拡大断面矢視図に示すように、本実施例におけるジャッキ装置（ジャッキ装置４０）は、主たる構成として、推進用ジャッキ４２及び制振用ジャッキ４３を備えており、これら推進用ジャッキ４２及び制振用ジャッキ４３は、振動計測器（計測手段）２２の計測結果に基づき、制御装置（制御手段）４１によって、その伸縮が制御される。なお、推進用ジャッキ４２は実施例２の推進用ジャッキ３２と同様のものである。振動計測器２２は、図４に示すように、ジャッキ装置４０の固定位置からそれほど遠くない位置に設置されている。

【００７１】

制振用ジャッキ４３は、中空形状の駆動ロッド４３ｂの内周面４３ｂａが、推進用ジャッキ４２におけるシリンダ部４２ｃの外周面４２ｃａに固定されている。また、駆動ロッド４３ｂの外周面には、径方向に突起した凸部４３ｂｂが制振用ジャッキ４３のピストン部として形成されている。つまり、推進用ジャッキ４２の外周面４２ｃａが推進用ジャッキ４２の他端となり、制振用ジャッキ４３の内周面４３ｂａが制振用ジャッキ４３の他端となっている（請求項３，４，６）。

【００７２】

また、制振用ジャッキ４３のシリンダ部４３ｃは、駆動ロッド４３ｂの外周に配されており、その後端側に形成されたフランジ部４３ｃａがビーム１８の後面に固定されている。つまり、フランジ部４３ｃａが制振用ジャッキ４３の一端となっている（請求項３，４，６）。

【００７３】

これにより、駆動ロッド４３ｂは、トンネル延伸方向に移動することが可能となり、またその移動範囲が凸部４３ｂｂによって制限されることになる。

【００７４】

ジャッキ装置４０は、推進用ジャッキ４２及び制振用ジャッキ４３を上記構成とすることで、まず推進用ジャッキ４２が、駆動ロッド４２ｂを後方側に向けて伸長して、スプレッド４２ａを既設のセグメントＳに押圧させることにより、制振用ジャッキ４３及びビーム１８を介して、掘削機本体１０に推進反力を与えることができる。すなわち、掘削機本体１０は、推進用ジャッキ４２がセグメントＳを押圧したときに発生する推進反力によって、前進可能となる。また、制振用ジャッキ４３は、駆動ロッド４３ｂを小刻みに繰り返し伸縮させることにより、振動を発生させることができる。

【００７５】

なお、本実施例は、例えば上記特許文献２に開示されるような、掘削機本体が前胴と後

10

20

30

40

50

胴に分かれているような構造に対しても、後胴側にジャッキ装置 40 を取り付けることで、適用可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0076】

本発明は、地盤を掘削する際に発生した振動を抑制するトンネル掘削機及びトンネル掘削方法として好適である。

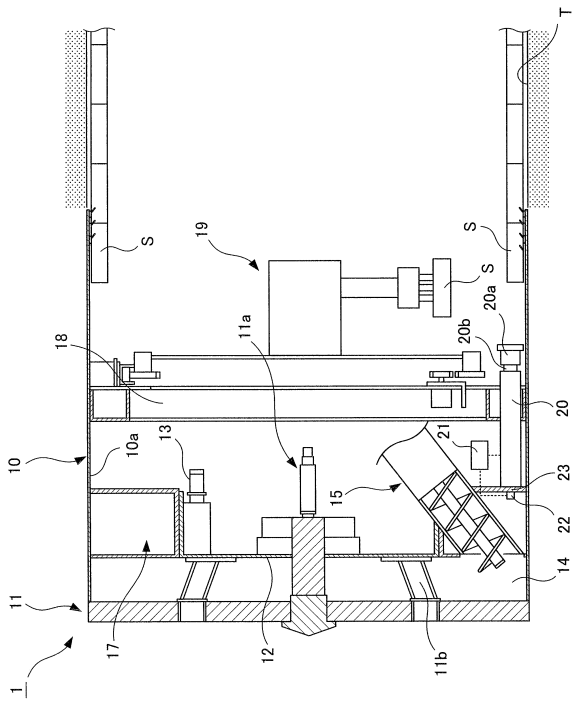
【符号の説明】

【0077】

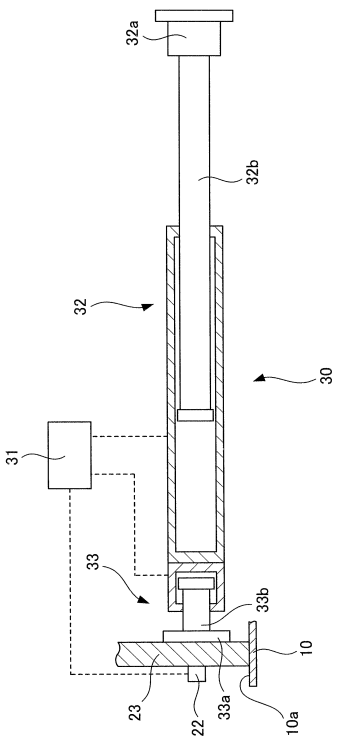
1	トンネル掘削機	
10	掘削機本体	10
10a	内周面	
11	カッタヘッド	
11a	カッタ回転軸	
11b	連結部材	
12	隔壁	
13	カッタ旋回用モータ	
14	チャンバ	
15	スクリューコンベヤ	
18	ビーム	
19	エレクタ装置	20
20	推進ジャッキ	
20a, 32a, 33a, 42a	スプレッダ	
20b, 32b, 33b, 42b	駆動ロッド	
21, 31, 41	制御装置（制御手段）	
22	振動計測器（計測手段）	
23	円環状部材	
30, 40	ジャッキ装置	
32, 42	推進用ジャッキ	
33, 43	制振用ジャッキ	
S	セグメント	30
T	トンネル	

【図面】

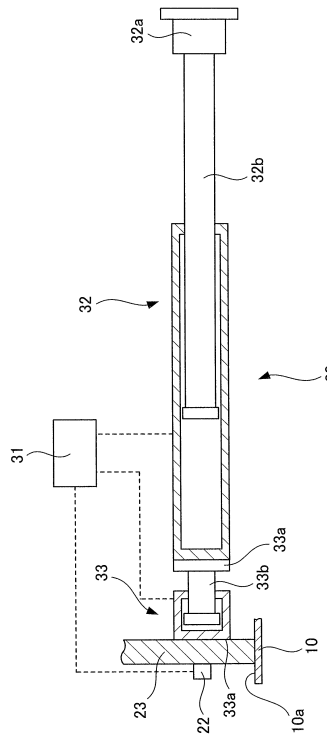
【図 1】



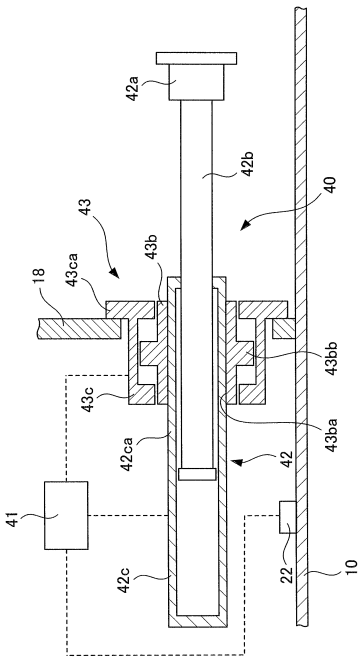
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 神奈川県川崎市川崎区日進町1番地14 JIMテクノロジー株式会社内
(72)発明者 上村 城司
神奈川県川崎市川崎区日進町1番地14 JIMテクノロジー株式会社内
(72)発明者 熊尾 義光
神奈川県川崎市川崎区日進町1番地14 JIMテクノロジー株式会社内
(72)発明者 保苅 実
神奈川県川崎市川崎区日進町1番地14 JIMテクノロジー株式会社内
(72)発明者 守屋 洋一
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 松原 健太
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 森野 弘之
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 中本 淳
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 恩田 友美
東京都港区港南二丁目15番2号 株式会社大林組内
審査官 荒井 良子
(56)参考文献 特開2017-172162(JP, A)
特開2015-155597(JP, A)
特開2017-057602(JP, A)
特開2000-110479(JP, A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
E21D 9/06