

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6949248号  
(P6949248)

(45) 発行日 令和3年10月13日(2021.10.13)

(24) 登録日 令和3年9月24日(2021.9.24)

(51) Int.Cl.		F I			
E 2 1 D	9/087	(2006.01)	E 2 1 D	9/087	C
E 2 1 D	9/10	(2006.01)	E 2 1 D	9/10	G

請求項の数 14 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2020-556808 (P2020-556808)	(73) 特許権者	516300597
(86) (22) 出願日	令和1年6月5日(2019.6.5)		ヘーレンクネヒト アクツイエンゲゼルシャフト
(65) 公表番号	特表2021-521363 (P2021-521363A)		HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT
(43) 公表日	令和3年8月26日(2021.8.26)		ドイツ連邦共和国 77963 シュヴァナウ シュレーヘンヴェク 2
(86) 国際出願番号	PCT/EP2019/064732	(74) 代理人	100080816
(87) 国際公開番号	W02019/234131		弁理士 加藤 朝道
(87) 国際公開日	令和1年12月12日(2019.12.12)	(74) 代理人	100098648
審査請求日	令和2年12月21日(2020.12.21)		弁理士 内田 潔人
(31) 優先権主張番号	102018113788.5	(72) 発明者	ヴァイザー、トルシュテン
(32) 優先日	平成30年6月8日(2018.6.8)		ドイツ連邦共和国 77960 ゼールバッハ イン デア ハルテ 3
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル掘削機、及びトンネルを掘進するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転可能な切削ホイール(106)と、前記切削ホイール(106)において所定の掘削工具ポジションに装着された所定数の掘削工具(109) ないし 回転可能な切削ローラ(121)を備えた掘削工具(109)と、所定数のセンサユニット(124)と、但し1つのセンサユニット(124)がそれぞれ1つの掘削工具(109)に割り当てられ、該当する掘削工具(109)の状態を対応の掘削工具データとして検知するように構成されており、更にそれらのセンサユニット(124)と接続状態にあるデータ処理装置(503)とを有するトンネル掘削機であって、

各センサユニット(124)のために掘削工具測定データ記憶部(130)の1つの掘削工具データ記憶領域(133)が設けられており、前記掘削工具データ記憶領域(133)には、1つの所定の掘削工具(109)に割り当てられた掘削工具データが、当該掘削工具(109)に割り当てられたセンサユニット(124)から記憶可能であること、

前記データ処理装置(503)は、地理データ記憶部(512)を有し、前記地理データ記憶部(512)には、掘進方向で掘り進むべき掘進区間(112)について通過すべき地質(115)に関する特徴的な地理データが記憶可能であること、

前記データ処理装置(503)は、工具管理中央モジュール(509)を備えた掘進計画ユニット(506)を有し、前記工具管理中央モジュール(509)には、前記掘削工具測定データ記憶部(130)と、掘進測定データ記憶部(148)と、前記地理データ記憶部(512)とが接続され、前記工具管理中央モジュール(509)を用い、現在の

10

20

掘進に関するフレームパラメータ、並びに掘削工具（109）のための特徴的データが記憶可能であり、但し前記掘進計画ユニット（506）を用い、前記地理データと前記掘削工具データに基づき、トンネル掘削機の掘進パラメータと、掘進方向に位置する工具交換予測面（615、618、621、624、627、630）の間の掘削工具（109）の掘削工具ポジションとが、次のように決定可能であること、即ち、工具交換予測面（615、618、621、624、627、630）において、現在の掘削工具ポジションではなく他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面（615、618、621、624、627、630）に機能可能な状態で到達する掘削工具（109）のためには、該当する他の掘削工具ポジションへのポジション交換が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面（615、618、621、624、627、630）に機能可能な状態では到達しない掘削工具（109）のためには、新しく取り付けるべき掘削工具（109）との取り替えが行われるように決定可能であること、  
を特徴とするトンネル掘削機。

10

## 【請求項2】

ある工具交換予測面（615、618、621、624、627、630）において取り替えるべき掘削工具（109）が完全に摩耗されているように、トンネル掘削機の掘進パラメータと工具交換予測面（615、618、621、624、627、630）が選択されていること

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】

少なくとも1つのセンサユニット（124）が、摩耗状態検知モジュール（303）を有し、前記摩耗状態検知モジュール（303）を用い、当該センサユニット（124）に割り当てられた掘削工具（109）の摩耗状態が検知可能であること

を特徴とする、請求項1又は2に記載のトンネル掘削機。

20

## 【請求項4】

少なくとも1つのセンサユニット（124）が、温度検知モジュールを有し、前記温度検知モジュールを用い、当該センサユニット（124）に割り当てられた掘削工具（109）の温度がその稼働状態を知るために検知可能であること

を特徴とする、請求項1～3のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

## 【請求項5】

少なくとも1つのセンサユニット（124）が、荷重検知モジュール（236）を有し、前記荷重検知モジュール（236）を用い、当該センサユニット（124）に割り当てられた掘削工具（109）に及ぼされる機械的な荷重が検知可能であること

を特徴とする、請求項1～4のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

30

## 【請求項6】

少なくとも1つのセンサユニット（124）が、回転状態検知モジュール（403）を有し、前記回転状態検知モジュール（403）を用い、当該センサユニット（124）に割り当てられた切削ローラ（121）の回転状態が検知可能であること

を特徴とする、請求項1～5のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

## 【請求項7】

回転数センサ（136）が設けられており、前記回転数センサ（136）を用い、前記切削ホイール（106）の回転数が検知可能であること、前記回転数センサ（136）は、前記データ処理装置（503）と接続状態にあること、検知された回転数は、前記掘進計画ユニット（506）に供給可能であること、そして、前記掘進計画ユニット（506）は、前記切削ホイール（106）の回転数を、掘削工具（109）のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること

を特徴とする、請求項1～6のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

40

## 【請求項8】

トルクセンサ（151）が設けられており、前記トルクセンサ（151）を用い、前記切削ホイール（106）に加えられているトルクが検知可能であること、前記トルクセン

50

サ(151)は、前記データ処理装置(503)と接続状態にあること、検知されたトルクは、前記掘進計画ユニット(506)に供給可能であること、そして、前記掘進計画ユニット(506)は、前記切削ホイール(106)のトルクを、掘削工具(109)のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること

を特徴とする、請求項1~7のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

【請求項9】

前記掘進計画ユニット(506)には、経験値記憶部(521)が備えられており、前記経験値記憶部(521)には、地質(115)内の掘進区間(112)を掘り進むときの掘削工具(109)の摩耗状態についての経験値が記憶可能であること、そして、前記掘進計画ユニット(506)は、それらの経験値を、掘削工具(109)のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること

10

を特徴とする、請求項1~8のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

【請求項10】

前記掘進計画ユニット(506)には、比較モジュール(527)が備えられており、前記比較モジュール(527)を用い、掘削工具(109)の摩耗状態の前決定に基づく準実際状態と、工具交換予測面(615、618、621、624、627、630)の間の補間予測に基づく目標状態とが比較可能であること、そして、前記掘進計画ユニット(506)は、修正パラメータ記憶部(524)を有し、前記修正パラメータ記憶部(524)には、前記目標状態と前記準実際状態の比較から導き出された修正パラメータが記憶可能であり、前記掘進計画ユニット(506)は、それらの修正パラメータを、掘削工具(109)のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること

20

を特徴とする、請求項1~9のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

【請求項11】

前記データ処理装置(503)は、警告警報発生器(533)を有し、前記警告警報発生器(533)は、前記掘進計画ユニット(506)と接続状態にあり、前記警告警報発生器(533)を用い、工具交換予測面(615、618、621、624、627、630)の間の補間予測に基づく工具交換予測面(615、618、621、624、627、630)に到達するには掘削工具(109)が稼働状態及び/又は摩耗状態に関して耐えられない場合には、警告通知及び/又は警報通知が出力可能であること

を特徴とする、請求項1~10のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

30

【請求項12】

前記データ処理装置(503)には、需要調整モジュール(545)が備えられており、前記需要調整モジュール(545)を用い、少なくともも次の工具交換予測面(615、618、621、624、627、630)に到達したときに取り替えるための新しい掘削工具(109)の必要個数が決定可能であること

を特徴とする、請求項1~11のいずれか一項に記載のトンネル掘削機。

【請求項13】

トンネルを掘進するための方法であって、以下のステップを含むこと、即ち、

- 請求項1~12のいずれか一項に記載のトンネル掘削機(103)を提供するステップ、

40

- 掘進方向で掘り進むべき掘進区間(112)について通過すべき地質(115)に関する特徴的な地理データを地理データ記憶部(512)に記憶するステップ、

- 地理データと掘削工具データに基づき、トンネル掘削機の掘進パラメータと、掘進方向に位置する工具交換予測面(615、618、621、624、627、630)の間の掘削工具(109)の掘削工具ポジションとを、掘進計画ユニット(506)を用い、次のように決定するステップ、即ち、工具交換予測面(615、618、621、624、627、630)において、現在の掘削工具ポジションではなく他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面(615、618、621、624、627、630)に機能可能な状態で到達する掘削工具(109)のためには、該当する他の掘削工具ポジションへのポジション交換が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面

50

( 6 1 5、6 1 8、6 2 1、6 2 4、6 2 7、6 3 0 ) に機能可能な状態では到達しない掘削工具 ( 1 0 9 ) のためには、新しく取り付けるべき掘削工具 ( 1 0 9 ) との取り替えが行われるように決定するステップを含むこと

を特徴とする方法。

【請求項 1 4】

前記掘進パラメータと工具交換予測面 ( 6 1 5、6 1 8、6 2 1、6 2 4、6 2 7、6 3 0 ) は、ある工具交換予測面 ( 6 1 5、6 1 8、6 2 1、6 2 4、6 2 7、6 3 0 ) において取り替えるべき掘削工具 ( 1 0 9 ) が完全に摩耗されているように選択されることを特徴とする、請求項 1 3 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項 1 の上位概念 ( 前置部 ) に記載したトンネル掘削機に関する。

【0002】

更に本発明は、トンネルを掘進するための方法に関する。

【背景技術】

【0003】

そのようなトンネル掘削機 ( トンネルボーリング機 ) は、下記特許文献 1 から公知である。このトンネル掘削機は、回転可能な切削ホイールを備えており、切削ローラを備えた所定数の掘削工具を有し、これらの掘削工具は、切削ホイールにおいて所定の掘削工具ポジションに配設されている。更に所定数のセンサユニットが設けられており、この際、1つのセンサユニットは、それぞれ1つの掘削工具に割り当てられ、該当する掘削工具の状態を対応の掘削工具データのかたちで検知するように構成されている。更に切削ローラの回転状態をディスプレイ上で表示するために、センサユニットと接続状態にあるデータ処理装置が設けられている。

20

【0004】

下記特許文献 2 から、地中穿孔のための、穿孔ロッド、穿孔工具、穿孔配管などを管理するための方法が公知であり、この方法において、電子データ処理システム内には、穿孔内に取り込むべき部材の在庫と現在の保管場所に関する情報、並びに穿孔内に取り込まれた全ての部材の取付ポジション及び / 又は取付順番に関する情報が記憶される。それにより、自動的な貯蔵と供給と再貯蔵の装置を効率的に制御することができる。

30

【0005】

下記特許文献 3 から、トンネル掘削機の比較的高い稼働信頼性を達成するために、トンネル掘削機の掘削工具用の切削ローラの摩耗を検知するための方法が公知である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】DE 10 2011 114 830 B3

【特許文献 2】EP 2 578 797 A1

40

【特許文献 3】JP H10-140981 A

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献 1】MARKUS SCHEFFER ET AL: "Simulation of maintenance strategies in mechanized tunneling", 20161211; 1077952576 - 1077952576, 11. December 2016 (2016-12-11), pages 3345-3356, XP058310170, DOI: 10.1109/WSC.2016.7822365 ISBN: 978-1-5090-4484-9 page 3350, paragraph 3; figure 5

【非特許文献 2】F Koepl ET AL: "Cutting tool wear prognosis and management of wear-related risks for Mix-Shield TBM in soft ground", Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, Se

50

ptember 2-6 2013, 6. September 2013 (2013-09-06), pages 1739-1742, XP055618835, found in Internet: URL:http://www.issmge.org/uploads/publications/1/2/1739-1742.pdf [found on 2019-09-05] page 1742, paragraph 3.3

【非特許文献3】 Yao-Tung Leng: "Review of Cutter Wear-Consumption and Specification Used in the Hsueshan Tunnel TBM Excavation", 2005 World Long Tunnels, 10. November 2005 (2005-11-10), pages 347-354, XP055618725, Taipei found in Internet: URL:https://www.freeway.gov.tw/UserFiles/File/%E9%9B%AA%E5%B1%B1%E9%9A%A7%E9%81%93%E5%B0%88%E5%8D%80/%E6%8A%80%E8%A1%93%E6%96%87%E7%8D%BB/%E5%AD%B8%E8%A1%93%E5%B0%88%E5%8D%80-%E5%9C%8B%E9%9A%9B%E9%95%B7%E9%9A%A7%E9%81%93%E7%A0%94%E8%A8%8E%E6%9C%83%E9%9B%AA%E9%9A%A7%E7%9B%B8%E9%97%9C%E8%AB%96%E6%96%87/39 [found on 2019-09-05] page 350, left column

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の基礎を成す課題は、地質が変化する場合にも、掘削工具の最大摩耗に設計された工具交換インターバルを十分に信頼性をもって維持することにより傑出した、冒頭に記載した形式のトンネル掘削機、及びトンネルを掘進するための方法を提示することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

20

前記課題は、本発明に従い、請求項1の特徴を有する、冒頭に記載した形式のトンネル掘削機により解決される。

即ち本発明の第1の視点により、

回転可能な切削ホイールと、前記切削ホイールにおいて所定の掘削工具ポジションに装着された所定数の掘削工具と、所定数のセンサユニットと、但し1つのセンサユニットがそれぞれ1つの掘削工具に割り当てられ、該当する掘削工具の状態を対応の掘削工具データのかたちで検知するように構成されており、更にそれらのセンサユニットと接続状態にあるデータ処理装置とを有するトンネル掘削機であって、

各センサユニットのために掘削工具測定データ記憶部の1つの掘削工具データ記憶領域が設けられており、前記掘削工具データ記憶領域には、該当する掘削工具に割り当てられたセンサユニットから、1つの所定の掘削工具に割り当てられた掘削工具データが記憶可能であること、

30

前記データ処理装置は、地理データ記憶部を有し、前記地理データ記憶部には、掘進方向で掘り進むべき掘進区間について通過すべき地質に関する特徴的な地理データが記憶可能であること、

前記データ処理装置は、工具管理中央モジュールを備えた掘進計画ユニットを有し、前記工具管理中央モジュールには、前記掘削工具測定データ記憶部、掘進測定データ記憶部及び前記地理データ記憶部が接続され、現在の掘進のためのフレームパラメータ及び掘削工具のための特徴的データが記憶可能であり、前記掘進計画ユニットを用い、前記地理データと前記掘削工具データに基づき、掘進パラメータ、並びに掘進方向に位置する工具交換予測面の間の掘削工具の掘削工具ポジションが、次のように決定可能であること、即ち、工具交換予測面において、ある他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面に機能可能な状態で到達する掘削工具のためには、当該他の又はひとつの他の掘削工具ポジションへのポジション交換が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面に機能可能な状態では到達しない掘削工具のためには、新しく取り付けるべき掘削工具との取り替えが行われるように決定可能であること、を特徴とするトンネル掘削機が提供される。

40

より詳しくは、前記第1の視点において、

回転可能な切削ホイールと、前記切削ホイールにおいて所定の掘削工具ポジションに装着された所定数の掘削工具ないし回転可能な切削ローラを備えた掘削工具と、所定数のセ

50

ンサユニットと、但し1つのセンサユニットがそれぞれ1つの掘削工具に割り当てられ、該当する掘削工具の状態を対応の掘削工具データとして検知するように構成されており、更にそれらのセンサユニットと接続状態にあるデータ処理装置とを有するトンネル掘削機であって、

各センサユニットのために掘削工具測定データ記憶部の1つの掘削工具データ記憶領域が設けられており、前記掘削工具データ記憶領域には、1つの所定の掘削工具に割り当てられた掘削工具データが、当該掘削工具に割り当てられたセンサユニットから記憶可能であること、

前記データ処理装置は、地理データ記憶部を有し、前記地理データ記憶部には、掘進方向で掘り進むべき掘進区間について通過すべき地質に関する特徴的な地理データが記憶可能であること、

前記データ処理装置は、工具管理中央モジュールを備えた掘進計画ユニットを有し、前記工具管理中央モジュールには、前記掘削工具測定データ記憶部と、掘進測定データ記憶部と、前記地理データ記憶部とが接続され、前記工具管理中央モジュールを用い、現在の掘進に関するフレームパラメータ、並びに掘削工具のための特徴的なデータが記憶可能であり、但し前記掘進計画ユニットを用い、前記地理データと前記掘削工具データに基づき、トンネル掘削機の掘進パラメータと、掘進方向に位置する工具交換予測面の間の掘削工具の掘削工具ポジションとが、次のように決定可能であること、即ち、工具交換予測面において、現在の掘削工具ポジションではなく他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面に機能可能な状態で到達する掘削工具のためには、該当する他の掘削工具ポジションへのポジション交換が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面に機能可能な状態では到達しない掘削工具のためには、新しく取り付けるべき掘削工具との取り替えが行われるように決定可能であること、  
を特徴とする。

【0010】

更に前記課題は、請求項13の特徴を有する、トンネルを掘進するための方法により解決される。

即ち本発明の第2の視点により、

トンネルを掘進するための方法であって、以下のステップを含むこと、即ち、

- 本発明の前記第1の視点に記載のトンネル掘削機を提供するステップ、
  - 掘進方向で掘り進むべき掘進区間について通過すべき地質に関する特徴的な地理データを地理データ記憶部に記憶するステップ、
  - 地理データと掘削工具データに基づき、掘進パラメータ、並びに掘進方向に位置する工具交換予測面の間の掘削工具の掘削工具ポジションを、掘進計画ユニットを用い、次のように決定するステップ、即ち、工具交換予測面において、ある他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面に機能可能な状態で到達する掘削工具のためには、当該他の又はひとつの他の掘削工具ポジションへのポジション交換が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面に機能可能な状態では到達しない掘削工具のためには、新しく取り付けるべき掘削工具との取り替えが行われるように決定するステップ
- を含むこと、を特徴とするトンネルを掘進するための方法が提供される。

より詳しくは、前記第2の視点において、

トンネルを掘進するための方法であって、以下のステップを含むこと、即ち、

- 本発明の前記第1の視点に記載のトンネル掘削機を提供するステップ、
- 掘進方向で掘り進むべき掘進区間について通過すべき地質に関する特徴的な地理データを地理データ記憶部に記憶するステップ、
- 地理データと掘削工具データに基づき、トンネル掘削機の掘進パラメータと、掘進方向に位置する工具交換予測面の間の掘削工具の掘削工具ポジションとを、掘進計画ユニットを用い、次のように決定するステップ、即ち、工具交換予測面において、現在の掘削工具ポジションではなく他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面に機能可能な状態で到達する掘削工具のためには、該当する他の掘削工具ポジションへのポジション交換

10

20

30

40

50

が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面に機能可能な状態では到達しない掘削工具のためには、新しく取り付けるべき掘削工具との取り替えが行われるように決定するステップ

を含むこと

を特徴とする。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明において、以下の形態が可能である。

(形態1)

回転可能な切削ホイールと、前記切削ホイールにおいて所定の掘削工具ポジションに装着された所定数の掘削工具と、所定数のセンサユニットと、但し1つのセンサユニットがそれぞれ1つの掘削工具に割り当てられ、該当する掘削工具の状態を対応の掘削工具データのかたちで検知するように構成されており、更にそれらのセンサユニットと接続状態にあるデータ処理装置とを有するトンネル掘削機であって、

各センサユニットのために1つの掘削工具データ記憶領域が設けられており、前記掘削工具データ記憶領域には、該当する掘削工具に割り当てられたセンサユニットから、1つの所定の掘削工具に割り当てられた掘削工具データが記憶可能であること、

前記データ処理装置は、地理データ記憶部を有し、前記地理データ記憶部には、掘進方向で掘り進むべき掘進区間について通過すべき地質に関する特徴的な地理データが記憶可能であること、

前記データ処理装置は、掘進計画ユニットを有し、前記掘進計画ユニットを用い、前記地理データと前記掘削工具データに基づき、掘進パラメータ、並びに掘進方向に位置する工具交換予測面の間の掘削工具の掘削工具ポジションが、次のように決定可能であること、即ち、工具交換予測面において、ある他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面に機能可能な状態では到達しない掘削工具のためには、当該他の又はひとつの他の掘削工具ポジションへのポジション交換が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面に機能可能な状態では到達しない掘削工具のためには、新しく取り付けるべき掘削工具との取り替えが行われるように決定可能であること。

(形態2)

ある工具交換予測面において取り替えるべき掘削工具は、完全に摩耗されていること、が好ましい。

(形態3)

少なくとも1つのセンサユニットが、摩耗状態検知モジュールを有し、前記摩耗状態検知モジュールを用い、当該センサユニットに割り当てられた掘削工具の摩耗状態が検知可能であること、が好ましい。

(形態4)

少なくとも1つのセンサユニットが、温度検知モジュールを有し、前記温度検知モジュールを用い、当該センサユニットに割り当てられた掘削工具の温度が検知可能であること、が好ましい。

(形態5)

少なくとも1つのセンサユニットが、荷重検知モジュールを有し、前記荷重検知モジュールを用い、当該センサユニットに割り当てられた掘削工具に及ぼされる機械的な荷重が検知可能であること、が好ましい。

(形態6)

所定数の掘削工具が、回転可能な切削ローラを有するように構成されていること、が好ましい。

(形態7)

少なくとも1つのセンサユニットが、回転状態検知モジュールを有し、前記回転状態検知モジュールを用い、当該センサユニットに割り当てられた切削ローラの回転状態が検知可能であること、が好ましい。

10

20

30

40

50

(形態 8)

回転数センサが設けられており、前記回転数センサを用い、前記切削ホイールの回転数が検知可能であること、前記回転数センサは、前記データ処理装置と接続状態にあること、検知された回転数は、前記掘進計画ユニットに供給可能であること、そして、前記掘進計画ユニットは、前記切削ホイールの回転数を、掘削工具のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること、が好ましい。

(形態 9)

トルクセンサが設けられており、前記トルクセンサを用い、前記切削ホイールに加えられているトルクが検知可能であること、前記トルクセンサは、前記データ処理装置と接続状態にあること、検知されたトルクは、前記掘進計画ユニットに供給可能であること、そして、前記掘進計画ユニットは、前記切削ホイールのトルクを、掘削工具のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること、が好ましい。

10

(形態 10)

前記掘進計画ユニットには、経験値記憶部が備えられており、前記経験値記憶部には、地質内の掘進区間を掘り進むときの掘削工具の摩耗についての経験値が記憶可能であること、そして、前記掘進計画ユニットは、それらの経験値を、掘削工具のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること、が好ましい。

(形態 11)

前記掘進計画ユニットには、比較モジュールが備えられており、前記比較モジュールを用い、掘削工具の摩耗の現実に即した前決定による準実際状態と、工具交換予測面の間の補間予測による目標状態とが比較可能であること、そして、前記掘進計画ユニットは、修正パラメータ記憶部を有し、前記修正パラメータ記憶部には、前記目標状態と前記準実際状態の比較から導き出された修正パラメータが記憶可能であり、前記掘進計画ユニットは、それらの修正パラメータを、掘削工具のポジション交換及び/又は取り替えの前決定のために取り入れること、が好ましい。

20

(形態 12)

前記データ処理装置は、警告/警報発生器を有し、前記警告/警報発生器は、前記掘進計画ユニットと接続状態にあり、前記警告/警報発生器を用い、工具交換予測面に到達するには、工具交換予測面の間の補間予測に従うと掘削工具の稼働状態及び/又は摩耗状態がクリティカルな及び/又は許容できない場合には、警告通知及び/又は警報通知が出力可能であること、が好ましい。

30

(形態 13)

前記データ処理装置には、需要調整モジュールが備えられており、前記需要調整モジュールを用い、少なくとも次の工具交換予測面に到達したときに取り替えるための新しい掘削工具の需要が決定可能であること、が好ましい。

(形態 14)

トンネルを掘進するための方法であって、以下のステップを含むこと、即ち、  
- 形態 1 ~ 13 のいずれか 1 つに記載のトンネル掘削機を提供するステップ、  
- 掘進方向で掘り進むべき掘進区間について通過すべき地質に関する特徴的な地理データを地理データ記憶部に記憶するステップ、  
- 地理データと掘削工具データに基づき、掘進パラメータ、並びに掘進方向に位置する工具交換予測面の間の掘削工具の掘削工具ポジションを、掘進計画ユニットを用い、次のように決定するステップ、即ち、工具交換予測面において、ある他の掘削工具ポジションでのみ次の工具交換予測面に機能可能な状態で到達する掘削工具のためには、当該他の又はひとつの他の掘削工具ポジションへのポジション交換が行われ、どの掘削工具ポジションでももはや次の工具交換予測面に機能可能な状態では到達しない掘削工具のためには、新しく取り付けるべき掘削工具との取り替えが行われるように決定するステップ  
を含むこと。

40

(形態 15)

前記掘進パラメータと工具交換予測面は、ある工具交換予測面において取り替えるべき

50

掘削工具が完全に摩耗されているように選択されること、が好ましい。

尚、本願の特許請求の範囲に付記された図面参照符号は、専ら本発明の理解の容易化のためのものであり、図示の形態への限定を意図するものではないことを付言する。

【0012】

本発明によるトンネル掘削機において、及びトンネルを掘進するための方法において、掘削工具の状態を決定するためには、つまりとりわけ、例えば温度により特徴付けられる稼働状態、又は切削ローラを備えた掘削工具において切削ローラの回転状態、及び/又は、例えば掘削工具の残りの残厚により特徴付けられる摩耗状態を決定するためには、掘削工具データが、掘削工具特有のものとして検知され、掘進計画ユニットを用い、掘り進むべき掘進区間についての地理データと共に、次のように処理されることにより、即ち、所定の掘進パラメータを用い、1つの工具交換予測面において十分に又は好ましくは少なくとも部分的に完全に摩耗されておりそれにより取り替えるべきである掘削工具を用いるか、又は単に部分摩耗されており掘削工具ポジションの交換後には次の工具交換予測面への到達までにまだ有用である掘削工具を用いるかして、工具交換予測面に到達するように処理されることにより、比較的有利な稼働コストで比較的高い信頼性を得ることができる。

10

【0013】

本発明の目的に適う更なる構成は、従属請求項の対象である。

【0014】

本発明の目的に適う更なる構成と利点は、図面の各図に関する本発明の実施例の以下の説明から明らかである。

20

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明によるトンネル掘削機の一実施例を、簡略化した描写の側面図として示す図である。

【図2】一例として、1つの切削ローラを有するように構成された、本発明によるトンネル掘削機のための掘削工具を断面図として示す図であり、該掘削工具では、センサユニットが荷重検知モジュールを有する。

【図3】センサユニットの摩耗状態検知モジュールを備えた、図2による掘削工具を、上から見た図として示す図である。

【図4】一例として、1つの切削ローラを有するように構成された、本発明によるトンネル掘削機のための掘削工具を斜視図として示す図であり、該掘削工具では、センサユニットが回転状態検知モジュールを有するように構成されている。

30

【図5】一例として、本発明によるトンネル掘削機のためのデータ処理装置をブロック図として示す図であり、該データ処理装置には、掘進計画ユニットが備えられている。

【図6】掘進方向で変化する状況を有し且つ工具交換予測面が示唆されている地質内において掘進区間を掘り進むときの図1の本発明によるトンネル掘削機の実施例を、簡略化した描写の側面図として示す図である。

【実施例】

【0016】

図1は、回転可能な切削ホイール106を備えた本発明によるトンネル掘削機(トンネルボーリング機)103の一実施例を、簡略化した描写の側面図として示している。切削ホイール106には、所定数の掘削工具109が取り付けられており、この際、この実施例において、切削ホイール106に接して存在する地質115内で掘進区間112を掘り進むための図示された各掘削工具109には、掘進方向で切削ホイール106の前方に位置する切羽(掘削面)118において物質(地盤)を掘削(解体)するために、切削ローラ(ローラカッタ)121が装備されている。(図6も参照)

40

【0017】

本発明による各掘削工具109には、1つのセンサユニット124が割り当てられており、センサユニット124は、図1では非図示の温度検知モジュールを用いることにより、該当する掘削工具109の温度、及び/又は状態、例えば掘削工具109の切削ローラ

50

121の摩耗状態及び/又は回転状態を、割り当てられた掘削工具データのかたちで検知するように構成されている。センサユニット124は、例えばケーブルハーネス127を介し及び/又は無線式の信号経路を介し、各センサユニット124のために掘削工具データ記憶領域133を有する掘削工具測定データ記憶部130と接続状態にある。各掘削工具データ記憶領域133には、割り当てられた掘削工具109のために、現在の状態が記録可能であり、目的に適い、所定の期間にわたる状態履歴も記録可能である。

【0018】

更に、図1による実施例は、回転数センサ(回転数送信器)136を有するように構成されており、回転数センサ136を用い、切削ホイール駆動部139により切削ホイール伝動装置142を介し、切削ホイール106に加えられた回転数が検知可能である。回転数センサ136は、ケーブル接続部145及び/又は無線式の信号経路を介して掘進測定データ記憶部148と接続状態にあり、掘進測定データ記憶部148を用い、現在の回転数が記録可能であり、目的に適い、所定の期間にわたる回転数履歴も記録可能である。

10

【0019】

更に、図1による実施例では、トルクセンサ(トルク送信器)151が設けられており、トルクセンサ151は、切削ホイール駆動部139と作用結合状態にあり、トルクセンサ151を用い、切削ホイール106に加えられているトルクが検知可能である。トルクセンサ151は、更なるケーブル接続部154及び/又は無線式の信号経路を介して掘進測定データ記憶部148と接続状態にあり、掘進測定データ記憶部148を用い、更に現在のトルクが記録可能であり、目的に適い、所定の期間にわたるトルク履歴も記録可能である。

20

【0020】

更に、図1による実施例は、掘削チャンバ157内の状況のデータ検知のために、掘削チャンバ157内に配設された掘削チャンバ圧力センサ(掘削チャンバ圧力送信器)160を有し、掘削チャンバ圧力センサ160は、更なるケーブル接続部163及び/又は無線式の信号経路を介して掘進測定データ記憶部148と接続状態にあり、掘進測定データ記憶部148を用い、更に現在の(掘削チャンバの)圧力が記録可能であり、目的に適い、所定の期間にわたる圧力履歴も記録可能である。

【0021】

掘削工具測定データ記憶部130と掘進測定データ記憶部148は、図1では非図示であり後続段落で詳細に説明するデータ処理装置とケーブルレス接続で又はケーブル接続で接続状態にある。

30

【0022】

また、本発明によるトンネル掘削機103の一実施例の簡略化した描写では、一目瞭然性の理由から、更に掘進プレス手段166の複数の対(ペア)が図示されており、これらの掘進プレス手段166は、プレス手段支承リング169において保持されており、掘進区間112を掘り進むときには、切削ホイール106を切羽118に対して押し付けるために、トンネルをライニング(内張補強)するために設けられたセグメント(タピング)172において支持される。

【0023】

40

図2は、一例として、1つの切削ローラ121を有するように構成された、本発明によるトンネル掘削機103のための掘削工具109を断面図として示している。掘削工具109は、切削ローラハウジング203を備えており、切削ローラハウジング203を用いることにより、切削ローラ121の側面両側の配設構成を介し、サポート部材209で支持されるテンションボルト206を介して引張固定可能な締付楔状部材212から、並びに結合ボルト218により、センサハウジング222を有するように構成されてC字状に形成された締付要素221と接続状態にある支承ブロック215から、切削ローラ軸224が、その端部側で回転不能に固定可能である。

【0024】

センサハウジング222は、センサユニット227の一実施形態を受容し、センサユニ

50

ット227は、特に荷重検知モジュール236のコンポーネントとして荷重センサ230と荷重送信器233を備えている。例えば(歪みゲージとして)伸長測定ストライプ又は伸長測定スリーブの機械的な変形を介して作動する荷重センサ230を用い、切削ローラ軸224に作用する機械的な荷重が検知可能である。荷重センサ230により(検知)記録されたデータは、荷重送信器233を介し、掘削工具測定データ記憶部130にケーブルレス接続で又は少なくとも部分的にケーブル接続で供給可能である。

【0025】

図3は、センサユニット227を備えた、図2による掘削工具109を、上から見た図として示しており、センサユニット227は、荷重検知モジュール236に加え又はそれに代わり、摩耗状態検知モジュール303を有するように構成されている。摩耗状態検知モジュール303を用い、例えば、摩耗状態検知モジュール303のコンポーネントとしての間隔センサ309を用いることにより、最も突出した領域として、従って切削ローラ121の損耗の度合いを特徴付ける領域として、切削ローラ121の切削エッジ306までの間隔の測定を介し、切削ローラ121の摩耗状態が検知可能であり、摩耗状態検知モジュール303の更なるコンポーネントとしての間隔送信器312を介し、掘削工具測定データ記憶部130に供給可能である。

10

【0026】

図4は、一例として、本発明によるトンネル掘削機103のための掘削工具109を斜視図として示しており、この掘削工具109には、上述した掘削工具109に類似して1つの切削ローラ121が備えられおり、この掘削工具109においてセンサユニット227は、荷重検知モジュール236及び/又は摩耗状態検知モジュール303に追加し又はそれに代わり、回転状態検知モジュール403を有するように構成されている。この実施例では非接触式で作動する回転状態検知モジュール403を用い、切削ローラ121の回転状態が、特に切削ローラ121がはたして回転しているか否か、そしてもし回転しているのならばどの回転数で回転しているかについて、検知可能であり、そして掘削工具測定データ記憶部130にケーブルレス接続で又は少なくとも部分的にケーブル接続で供給可能である。

20

【0027】

図5は、本発明によるトンネル掘削機103のために、一例として、掘進計画ユニット506が備えられたデータ処理装置503の一実施形をブロック図として示している。掘進計画ユニット506の工具管理中央モジュール509には、一方では、掘削工具測定データ記憶部130並びに掘進測定データ記憶部148が接続され、他方では、地理データ記憶部512が接続されている。

30

【0028】

工具管理中央モジュール509内には、一方では、切削ホイール106の直径のような現在の掘進のためのフレームパラメータ(ベーシックパラメータ)、並びに、型式、取付時の状態、取付後のポジションのような掘削工具109に関する特徴的なデータが記憶可能であり、他方では、所謂交換プロトコルの形式により、掘削工具測定データ記憶部130から読み込まれ且つタイムスタンプの付けられた掘削工具データが記憶可能である。

【0029】

地理データ記憶部512内には、例えばボーリングコアの地質学的な分析を介した事前調査により獲得されたものであり、特に掘進方向でトンネル掘削機103の前方に予測どおり位置する地質の種類と順序を含んだ、掘り進むべき掘進区間112に関する特徴的な地理データが記憶可能である。

40

【0030】

工具管理中央モジュール509は、掘進計画ユニット506の更なるコンポーネントとしてのデータ加工モジュール515及び動作寿命予測モジュール518と接続状態にあり、この際、データ加工モジュール515と動作寿命予測モジュール518は、同様に互いに接続状態にある。データ加工モジュール515には、掘進計画ユニット506の更なるコンポーネントとして、一方では、現在の掘進のために予測された地質を含め、様々な地

50

質における以前の掘進に基づく経験値が記憶可能である経験値記憶部521と、現在の掘進のために使用する修正パラメータ値が記憶可能である修正パラメータ記憶部524とが接続されている。

【0031】

更に、掘進計画ユニット506には、比較モジュール527が備えられており、比較モジュール527は、一方では、動作寿命予測モジュール518と接続状態にあり、他方では、特に工具交換予測面に到達したときのように所定の時点での更新のために目的に適い同様に工具管理中央モジュール509と接続されている掘進計画ユニット506の整備計画記憶部530と、データ処理装置503の警告/警報発生器533と、掘進計画ユニット506における交換インターバル予測モジュール536と走行メートル(距離)予測モジュール539の並列構成部と、接続状態にある。

10

【0032】

交換インターバル予測モジュール536と走行メートル予測モジュール539から成る並列構成部は、更に掘進計画ユニット506の交換提案作成モジュール542と接続状態にあり、交換提案作成モジュール542は、更にデータ処理装置503の需要(必要)調整モジュール545と接続状態にある。

【0033】

一例としてその重要なコンポーネントについて上述した、掘進区間112を掘り進むための本発明によるトンネル掘削機103の掘進時には、データ処理装置503は、実質的に以下で説明するように作動する。

20

【0034】

データ加工モジュール515を用い、工具管理中央モジュール509と、経験値記憶部521と、修正パラメータ記憶部524とからのデータが、次のように加工可能であり、即ち、現在の掘削工具データと、掘進の将来的な段階の想定される経過とに基づき、動作寿命予測モジュール518を用いて比較モジュール527に供給可能である極めて現実に即した目標データが、従って極めて信頼できる準実際データとして、掘削工具109の見込まれる残りの動作寿命を決定可能であるように加工可能である。

【0035】

比較モジュール527を用い、動作寿命予測モジュール518に基づく現実に即した前決定による準実際データが、整備計画記憶部530に基づく複数の工具交換予測面の間の補間予測に従ってそれぞれの掘進箇所割り当てられた目標データと、次のように比較可能である。即ち、一方では、許容できないずれがあり、後続段落で詳細に説明される掘進パラメータの修正措置によっても取り除くことのできないずれがある場合には、警告/警報発生器533を介し、緊急警報が出力可能であり、他方では、まだ許容できるずれの場合には、自動化された自己学習モードにおいて、修正パラメータ記憶部524に供給可能な修正データが発生可能であり、これらの修正データを用い、修正パラメータ記憶部524とデータ加工モジュール515を介し、動作寿命予測モジュール518を用いて新しい準実際データが生成可能であり、これらの新しい準実際データが目標データに対する準実際データのずれをより少なくするように、比較可能である。

30

【0036】

交換インターバル予測モジュール536と走行メートル予測モジュール539を用い、比較モジュール527からの出力データに基づき、一方では、所定の予測された走行メートル(走行距離)において、新しい掘削工具ポジションにポジション交換するための交換インターバル、或いは新しい掘削工具109に掘削工具109を取り替えるための交換インターバルを計画に組み込むための提案が生成可能であり、交換提案作成モジュール542に供給可能であり、交換提案作成モジュール542を用い、少なくとも次の工具交換予測面で実行すべき作業のための具体的な指示が生成可能であり表示可能である。

40

【0037】

更に、特に通過すべき地質内の状況が地理データと比べて異なる場合にも、少なくとも次の工具交換予測面が、好ましくは、以下の意味において最適に摩耗された掘削工具10

50

9をもって到達されるように、提案データが生成される。即ち、次の工具交換予測面において完全に摩耗した掘削工具109が取り替えられ、まだ完全に摩耗されていない掘削工具109は、それぞれ新しい掘削工具ポジションに取り付けられ、それによりそのようなポジション交換後には、部分的に摩耗された掘削工具109だけが完全な摩耗に至るまで（機能可能な状態で）少なくともその次の工具交換予測面に到達するという意味において、最適に摩耗された掘削工具109をもって到達されるように、切削ホイール106の回転数及び/又は切削ホイール106を付勢するトルクのようなトンネル掘削機103の掘進パラメータを適合することによって、交換インターバル予測モジュール536を用いて提案データを生成することができる。

【0038】

需要調整モジュール545と交換提案作成モジュール542を接続することにより、更に、工具交換予測面での掘削工具109の予測される将来的な需要（必要）を評価することができ、使用可能な新しい掘削工具109の在庫が足りない場合には、完全に摩耗されている掘削工具109を取り替えるために、警告/警報発生器533を介し、次の工具交換予測面に至るまで、新しい掘削工具109の在庫を増やすための警告通知が発動される。

【0039】

工具交換予測面に到達した場合には、工具管理中央モジュール509を介し、整備計画記憶部530を、次のように更新することが目的に合う。即ち、掘削工具109の交換及び/又は取り替えの後に、整備計画記憶部530に対し、対応の掘削工具ポジションにおいてそれぞれの状態にある掘削工具109を備えた切削ホイール106のその際の実際の装備状態が記憶可能であるように更新することが目的に合っている。

【0040】

図6は、トンネル掘削機に接するべく存在する地質であって、掘進方向で変化する状況を伴う地質内で地表の下側の掘進区画112を掘り進むときの図1の本発明によるトンネル掘削機103の実施例を、極めて簡略化した描写の側面図として示しており、掘進方向で変化する状況は、異なるシンボルで満たされた掘進区画603、606、609と、垂直に指向されて破線で示唆された工具交換予測面615、618、621、624、627、630により象徴的に図示されており、それらの工具交換予測面は、図6に図示した掘進の状況に対し、掘進計画ユニット506により予め決定されている。

【0041】

図6による図面から、複数の工具交換予測面615、618、621、624、627、630は、地質に関して異なる硬さの掘進区画603、606、609において、異なって離間して配されており、それにより本発明に従い、これまでに詳述したように、掘削工具109の交換及び/又は取り替えのための時点を比較的正確に計画に組み込むことが可能である。それにより経験値に基づく評価と比べ、掘進の経済性が大幅に向上する。

【符号の説明】

【0042】

103	トンネル掘削機
106	切削ホイール
109	掘削工具
112	掘進区画
115	地質
118	切羽（掘削面）
121	切削ローラ（ローラカッタ）
124	センサユニット
127	ケーブルハーネス
130	掘削工具測定データ記憶部
133	掘削工具データ記憶領域
136	回転数センサ

10

20

30

40

50

1 3 9	切削ホイール駆動部	
1 4 2	切削ホイール伝動装置	
1 4 5	ケーブル接続部	
1 4 8	掘進測定データ記憶部	
1 5 1	トルクセンサ	
1 5 4	ケーブル接続部	
1 5 7	掘削チャンバ	
1 6 0	掘削チャンバ圧力センサ	
1 6 3	ケーブル接続部	
1 6 6	掘進プレス手段	10
1 6 9	プレス手段支承リング	
1 7 2	セグメント(タピング)	
2 0 3	切削ローラハウジング	
2 0 6	テンションボルト	
2 0 9	サポート部材	
2 1 2	締付楔状部材	
2 1 5	支承ブロック	
2 1 8	結合ボルト	
2 2 1	締付要素	20
2 2 2	センサハウジング	
2 2 4	切削ローラ軸	
2 2 7	センサユニット	
2 3 0	荷重センサ	
2 3 3	荷重送信器	
2 3 6	荷重検知モジュール	
3 0 3	摩耗状態検知モジュール	
3 0 6	切削エッジ	
3 0 9	間隔センサ	
3 1 2	間隔送信器	30
4 0 3	回転状態検知モジュール	
5 0 3	データ処理装置	
5 0 6	掘進計画ユニット	
5 0 9	工具管理中央モジュール	
5 1 2	地理データ記憶部	
5 1 5	データ加工モジュール	
5 1 8	動作寿命予測モジュール	
5 2 1	経験値記憶部	
5 2 4	修正パラメータ記憶部	40
5 2 7	比較モジュール	
5 3 0	整備計画記憶部	
5 3 3	警告/警報発生器	
5 3 6	交換インターバル予測モジュール	
5 3 9	走行メートル(距離)予測モジュール	
5 4 2	交換提案作成モジュール	
5 4 5	需要調整モジュール	
6 0 3、6 0 6、6 0 9	掘進区画	
6 1 5、6 1 8、6 2 1	工具交換予測面	50

6 2 4、6 2 7、6 3 0

工具交換予測面

【 図 1 】

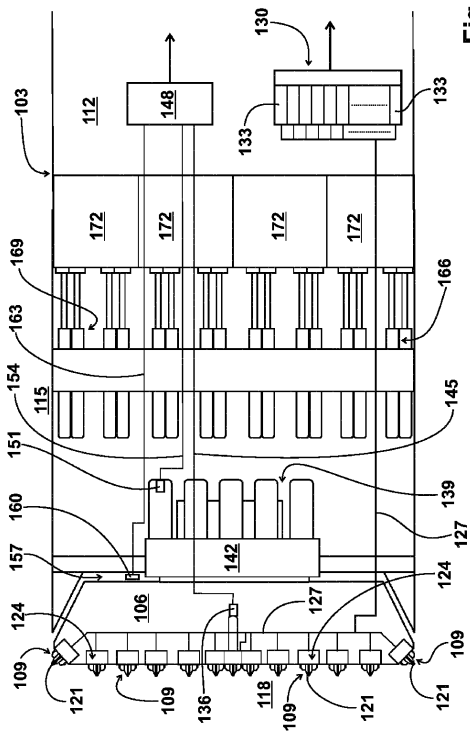


Fig. 1

【 図 2 】

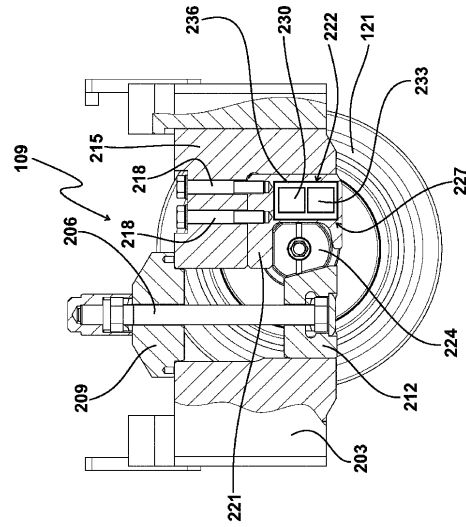


Fig. 2

【 図 3 】

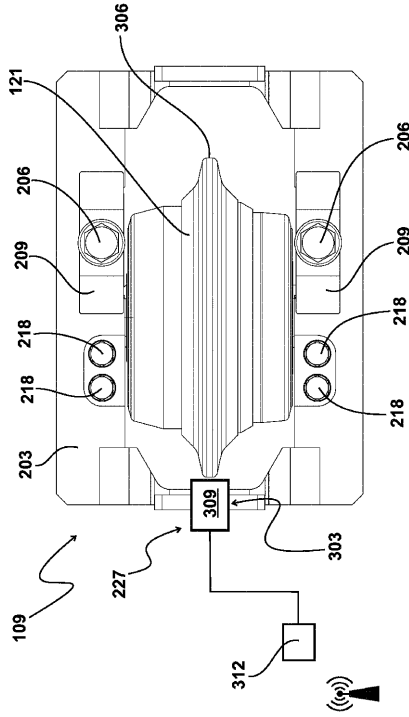


Fig. 3

【 図 4 】

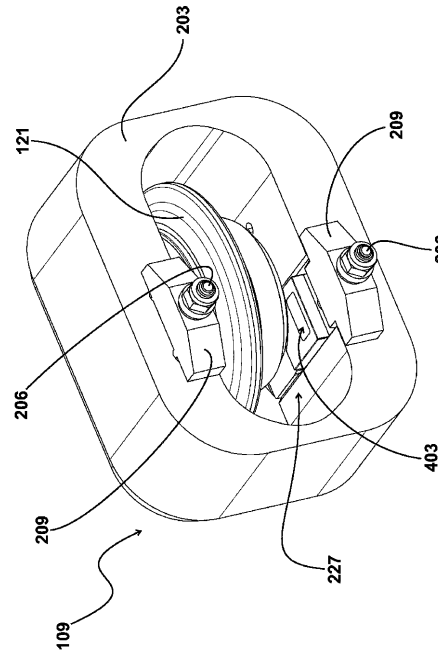


Fig. 4

【 図 5 】

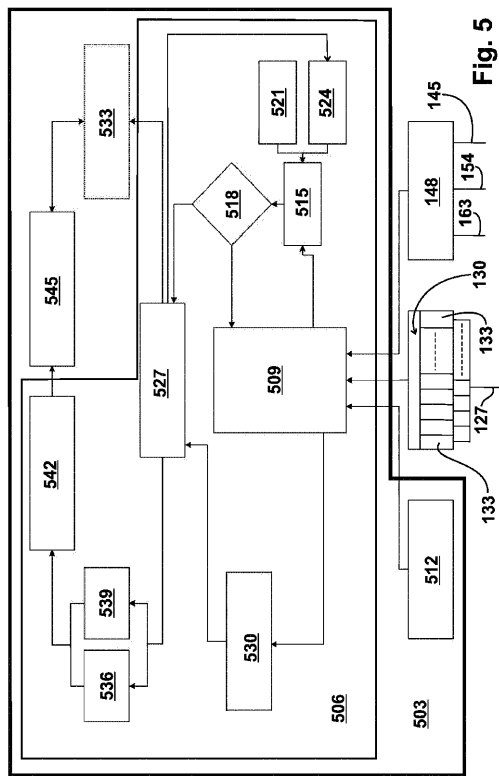


Fig. 5

【 図 6 】

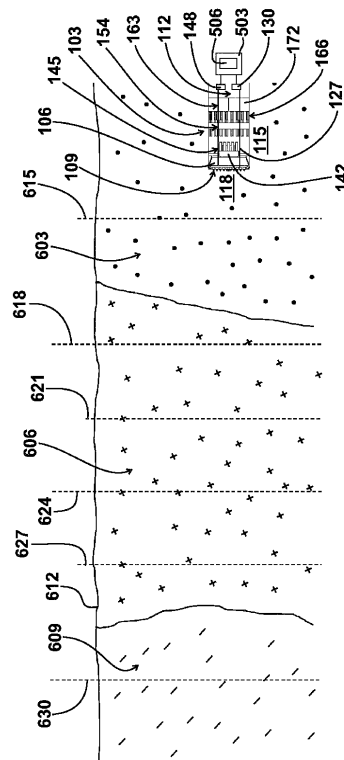


Fig. 6

---

フロントページの続き

審査官 亀谷 英樹

- (56)参考文献 特開平10-061384(JP,A)  
特開2003-307095(JP,A)  
特開2016-003430(JP,A)  
米国特許第05438860(US,A)  
特開2017-210820(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E21D 1/00-9/14  
E21D 11/00-19/06  
E21D 23/00-23/26