(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2021-116574
(P2021-116574A)
(43)公開日　令和3年8月10日(2021.8.10)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
E21D 9/087	***(2006.01)***	E21D	9/087	A	2DO54
E21D 11/10	***(2006.01)***	E21D	9/087	Z	2D155
		E21D	11/10	D	

審査請求 未請求　請求項の数 6　ＯＬ　（全 23 頁）

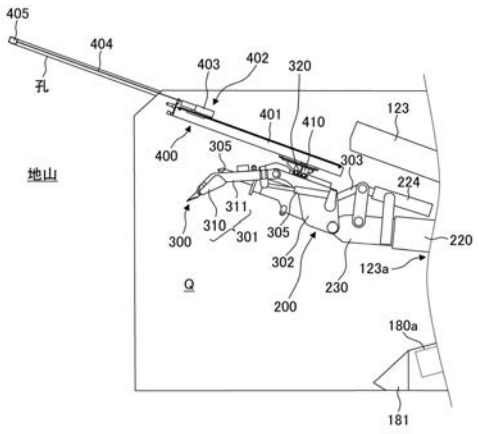
(21)出願番号　特願2020-9940(P2020-9940)
(22)出願日　令和2年1月24日(2020.1.24)

(71)出願人　000001373
鹿島建設株式会社
東京都港区元赤坂一丁目３番１号
(74)代理人　100129425
弁理士　小川　護晃
(74)代理人　100087505
弁理士　西山　春之
(74)代理人　100168642
弁理士　関谷　充司
(74)代理人　100099623
弁理士　奥山　尚一
(74)代理人　100107319
弁理士　松島　鉄男
(74)代理人　100125380
弁理士　中村　綾子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】トンネル掘削方法及びトンネル掘削機

(57)【要約】　（修正有）
【課題】坑内での削孔作業を効率よく行うトンネル掘削機、施工方法を提供する。
【解決手段】ＴＢＭ（トンネル掘削機）は、胴体と、胴体の前部に回転可能に装着されるカッタヘッドであって、開閉可能な開口部１２３ａを有するカッタヘッドと、胴体内に収容可能なエキスカベータ２００（補助掘削機）と、エキスカベータ２００に取り付け可能な削孔装置４００とを備える。開放された開口部１２３ａからエキスカベータ２００を前方に突き出した状態で、エキスカベータ２００に取り付けられた削孔装置４００は地山を削孔可能である。
【選択図】図１５



【特許請求の範囲】
【請求項１】
胴体と、
前記胴体の前部に回転可能に装着されるカッタヘッドであって、開閉可能な開口部を有する前記カッタヘッドと、
前記胴体内に収容可能な補助掘削機と、
前記補助掘削機に取り付け可能な削孔装置と、
を備え、
開放された前記開口部から前記補助掘削機を前方に突き出した状態で、前記補助掘削機に取り付けられた前記削孔装置は地山を削孔可能である、トンネル掘削機。
【請求項２】
前記補助掘削機に取り付けられた前記削孔装置の、前記補助掘削機に対する向きを変更する削孔装置用向き変更手段を更に備える、請求項１に記載のトンネル掘削機。
【請求項３】
前記補助掘削機に取り付け可能な吹付装置を更に備え、
開放された前記開口部から前記補助掘削機を前方に突き出した状態で、前記補助掘削機に取り付けられた前記吹付装置から地山の掘削面にコンクリート又はモルタルを吹き付け可能である、請求項１又は請求項２に記載のトンネル掘削機。
【請求項４】
胴体の前部にカッタヘッドが回転可能に装着されたトンネル掘削機を用いるトンネルの施工方法であって、
前記カッタヘッドは、開閉可能な開口部を有し、
前記トンネル掘削機は、前記胴体内に収容可能な補助掘削機を備え、
前記施工方法は、開放された前記開口部から前記補助掘削機を前方に突き出した状態で、前記補助掘削機に取り付けられた削孔装置により地山を削孔する削孔工程を含む、
トンネルの施工方法。
【請求項５】
地山を第１の方向に削孔する場合と、地山を、前記第１の方向とは異なる第２の方向に削孔する場合とで、前記削孔装置の前記補助掘削機に対する取付向きが異なる、請求項４に記載のトンネルの施工方法。
【請求項６】
開放された前記開口部から前記補助掘削機を前方に突き出した状態で、前記補助掘削機に取り付けられた吹付装置から地山の掘削面にコンクリート又はモルタルを吹き付ける吹付工程を更に含む、請求項４又は請求項５に記載のトンネルの施工方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、トンネル掘削機及びトンネルの施工方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
カッタヘッドを回転させて地山を全断面掘削するトンネル掘削機であって、坑壁に押し当てたグリッパによって、又は、セグメント等を組立てて構築された覆工体に押し当てたジャッキやグリッパによって掘進するための反力を得るトンネルボーリングマシン（Tunnel Boring Machines：ＴＢＭ）を用いるトンネルの施工方法（ＴＢＭ工法）は、岩盤にトンネルを造る場合であって短い工期が要求される場合に採用される工法として知られている。
【０００３】
しかし、ＴＢＭ工法では、軟弱地盤などの不良地山に遭遇したときに、切羽の崩落などによってカッタヘッドでは掘削できなくなり、また、切羽でコンクリート吹付等の支保作業ができなくなることで、掘進不能になる場合があった。

【０００４】
そのような場合に対処するための技術として、特許文献１に開示の技術がある。
特許文献１に開示のＴＢＭは、胴体と、胴体の前部に回転可能に装着されるカッタヘッドであって開閉可能な開口部を有するカッタヘッドと、胴体内に収容可能な補助掘削機（エキスカベータ）とを備える。特許文献１に開示のＴＢＭでは、開放された上記開口部から補助掘削機を前方に突き出した状態で、補助掘削機によって地山を掘削することでトンネル掘進を行うことが可能である。これと同様のトンネル掘削機が特許文献２にも開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０１８－０５３５９４号公報
【特許文献２】特開２０１８－０５３５８６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、上述の補助掘削機による掘削で形成された掘削面については、切羽の安定性確保のための先受工や鏡面補強、あるいは坑壁へのロックボルト打設などを実施するために、地山への削孔が必要になる場合がある。この削孔作業の効率化が望まれていた。
【０００７】
本発明は、このような実状に鑑み、当該削孔作業を効率よく行うことを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
そのため、本発明に係るトンネル掘削機は、胴体と、胴体の前部に回転可能に装着されるカッタヘッドであって、開閉可能な開口部を有するカッタヘッドと、胴体内に収容可能な補助掘削機と、補助掘削機に取り付け可能な削孔装置と、を備える。開放された前記開口部から補助掘削機を前方に突き出した状態で、補助掘削機に取り付けられた削孔装置は地山を削孔可能である。
【０００９】
本発明に係るトンネルの施工方法は、胴体の前部にカッタヘッドが回転可能に装着されたトンネル掘削機を用いるトンネルの施工方法である。カッタヘッドは、開閉可能な開口部を有する。トンネル掘削機は、胴体内に収容可能な補助掘削機を備える。本発明に係るトンネルの施工方法は、開放された前記開口部から補助掘削機を前方に突き出した状態で、補助掘削機に取り付けられた削孔装置により地山を削孔する削孔工程を含む。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、開放された前記開口部から補助掘削機を前方に突き出した状態で、補助掘削機に取り付けられた削孔装置により地山を削孔することが可能である。それゆえ、削孔装置と、削孔装置が取り付けられた補助掘削機とを協働させることで、上記の当該削孔作業を効率よく行うことができる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】本発明の参考例におけるＴＢＭの上面図である。
【図２】本発明の参考例におけるＴＢＭの側面図である。
【図３】本発明の参考例におけるカッタヘッドの正面図である。
【図４】本発明の参考例における排土コンベアの設置構造を示すＴＢＭの横断面図である。
【図５】本発明の参考例におけるエキスカベータ（補助掘削機）の上面斜視図である。
【図６】本発明の参考例におけるエキスカベータの底面斜視図である。
【図７】本発明の参考例におけるエキスカベータのクランプボックスのクランプ構造を示

す横断面図である。
【図８】本発明の参考例におけるエキスカベータのクランプボックスの後輪構造を示す背面図である。
【図９】本発明の参考例における開口部が開放されたカッタヘッドを前方から見た斜視図である。
【図１０】本発明の参考例におけるＴＢＭによるトンネル掘削の手順を示すフローチャートである。
【図１１】本発明の実施形態におけるエキスカベータのアタッチメント（作業装置）の概略構成を示す斜視図である。
【図１２】本発明の実施形態におけるエキスカベータのアタッチメントに着脱可能に取り付けられた削孔装置及び台座部を示す図であり、削孔装置の取付の第１態様を示す図である。
【図１３】本発明の実施形態における台座部に対する削孔装置の位置関係を説明するための上面図である。
【図１４】本発明の実施形態におけるエキスカベータのアタッチメントに着脱可能に取り付けられた削孔装置及び台座部を示す図であり、削孔装置の取付の第２態様を示す図である。
【図１５】本発明の実施形態における切羽削孔時の施工状態を示す図である。
【図１６】本発明の実施形態におけるロックボルト削孔時の施工状態を示す図である。
【図１７】本発明の実施形態におけるロックボルト削孔時の施工状態を示す図である。
【図１８】本発明の実施形態における吹付装置の斜視図である。
【図１９】本発明の実施形態における吹付装置を上方から見た図である。
【図２０】本発明の実施形態におけるエキスカベータのアタッチメントに着脱可能に取り付けられた吹付装置を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下では、図面を参照して、本発明に係るトンネル掘削機及びトンネルの施工方法の参考例及び実施形態を説明する。
まず、本発明に係るトンネル掘削機の参考例としてのトンネルボーリングマシン（Tunnel Boring Machines：ＴＢＭ）１００を、図１～図８を参照して説明する。
【００１３】
ＴＢＭ１００は、胴体１１０の前部にカッタヘッド１２０が駆動回転可能に装着され、坑壁にグリッパ（グリッパシュー）１３２を押し当てて推進するための反力を得るトンネル掘削機であって、例えば直径が３ｍ～５ｍ程度の小型の全断面トンネル掘進機である。但し、ＴＢＭ１００の直径は３ｍ～５ｍに限定されるものではなく、より大きな直径のＴＢＭ１００に本参考例と同様な構造を適用できる。
筒状（本参考例では円筒形状）をなす胴体１１０は、前胴１１１と後胴１１２とからなり、前胴１１１の前部にカッタヘッド１２０がメインベアリング１１３によって駆動回転可能に取り付けられている。
【００１４】
カッタヘッド１２０の前部には、地山をせん断破壊するローラカッタ１２１ａが複数枢着され、また、切羽下部に溜まった掘削ズリを掻き込むスクレーパ１２１ｂが周縁部に等間隔で配設され、スクレーパ１２１ｂの背後には、掘削ズリを掬い込んで取り込むためのバケット（図示せず）が設けられる。
そして、カッタヘッド１２０は、カッタヘッド駆動モータ１２２によって胴体１１０の軸心回りに回転駆動される。
【００１５】
前胴１１１と後胴１１２との嵌合部は、複数個のアーティキュレートジャッキ１１５にて連結され、アーティキュレートジャッキ１１５を選択的に伸縮させることで、後胴１１２に対して前胴１１１が屈曲できるよう構成されている。

カッタヘッド１２０の後方に延びるメインビーム１３０の前部には、カッタヘッド１２０が回転自在に支承されていて、メインビーム１３０の後部にはグリッパ装置１３３が前後方向に摺動可能に支持されている。

【００１６】

グリッパ装置１３３は、グリッパジャッキ１３１によってグリッパ１３２をトンネル内外方向（前後方向に略直交する方向であり、本参考例では径方向）に張り出すことで、グリッパ１３２を坑壁に押し当てて掘進反力を得る装置である。

スラストジャッキ１４０の一端はグリッパ装置１３３に連結され、他端はグリッパ装置１３３よりも前方のメインビーム１３０に連結されている。

また、後胴１１２の後部には、支保工１６１をトンネルの内周面（坑壁）１５０に組み付けるエレクタ装置１６０が設けられている。

【００１７】

また、メインビーム１３０の前部には、カッタヘッド１２０内に取り込まれた土砂（ずり）を受け取るホッパシュート１７０が設けられ、更に、メインビーム１３０に一体的に設けた矩形断面状のコンベアケース１３９内に排土コンベア（ベルトコンベア）１８０が配設され、排土コンベア１８０は、ホッパシュート１７０にて受け取られた土砂を後方へ搬出する。

【００１８】

また、グリッパ装置１３３よりも後側のメインビーム１３０には、突出作動時に坑壁１５０に当接して坑壁１５０からローリング反力を受ける、リヤサポート１９０を設けてある。

更に、ＴＢＭ１００の後ろには、油圧装置、電気設備、排土装置、給水設備などを搭載した後続台車（図示省略）が接続される。

【００１９】

ＴＢＭ１００による基本的な掘進サイクル（標準掘削工程、標準トンネル掘進工程）は、以下の通りである。

まず、グリッパ１３２を坑壁に押し当てリヤサポート１９０を収縮させた状態で、回転駆動されるカッタヘッド１２０で地山を掘削しながらスラストジャッキ１４０を伸長させることで、トンネルを掘進する（トンネル掘進工程）。

なお、本参考例のＴＢＭ１００は、グリッパ１３２を坑壁に押し当てた状態でスラストジャッキ１４０を伸長させることでトンネルを掘進する形態であるが、坑壁がセグメント等により構成された覆工体で覆われている場合は、グリッパ１３２を覆工体に押し当てた状態でスラストジャッキ１４０を伸長させることでトンネルを掘進する形態、若しくは、覆工体にスラストジャッキを直接押し当てた状態でスラストジャッキ１４０を伸長させることでトンネルを掘進する形態とすることができる。

また、図２に示すように、後胴１１２の周縁部に複数の推進ジャッキ１７１を周方向に互いに間隔を空けて配置し、推進ジャッキ１７１のロッド先端をセグメント等により構成された覆工体に当接させた状態で推進ジャッキ１７１を伸長動作させることにより、掘進反力を得ることができる。つまり、ＴＢＭ１００は、坑壁又は覆工体から推進するための反力を得てトンネルを掘進する。

【００２０】

スラストジャッキ１４０が設定長さまで伸長されると、カッタヘッド１２０の回転駆動を停止し、グリッパジャッキ１３１を収縮させてグリッパ１３２を坑壁から離間させる一方で、リヤサポート１９０を伸長させて坑壁１５０に当接させる。そして、係る状態でスラストジャッキ１４０を収縮させてグリッパ装置１３３（グリッパジャッキ１３１及びグリッパ１３２）をカッタヘッド１２０側に引き寄せ、その後グリッパジャッキ１３１を伸長させてグリッパ１３２を坑壁に押し当て、また、リヤサポート１９０を収縮させる（グリッパ盛替え工程）。

グリッパ盛替えが終了すると、カッタヘッド１２０を回転駆動させながらスラストジャッキ１４０を伸長させてトンネル掘進を再開させ、係るトンネル掘進工程とグリッパ盛替

え工程とを繰り返す。
つまり、カッタヘッド１２０によってトンネルを掘進する標準掘削工程は、グリッパ１３２によって掘進反力を得ながらスラストジャッキ１４０を伸長させてカッタヘッド１２０を切羽に押し当て、回転駆動されるカッタヘッド１２０によって地山を掘削するトンネル掘進工程と、グリッパ１３２の坑壁に対する押し当て位置を切羽に近い側に移設するグリッパ盛替え工程とを繰り返すことで、トンネルを掘進する。
【００２１】
ＴＢＭ１００は、上述した基本構成に加えて、カッタヘッド１２０による全断面掘削が困難な不良地山（軟弱地盤）に遭遇したときに、カッタヘッド１２０に代わってトンネル掘削を行うための補助掘削機としてエキスカベータ２００が胴体１１０内に収容され得る。補助掘削機としては、エキスカベータの他、バケット式掘削機、ブレーカ式掘削機等を用いることができる。
エキスカベータ２００は、腕体の先端に作業装置を取り付けた掘削機であり、図５～図８を参照して詳細に説明する。
【００２２】
メインビーム１３０には、ＴＢＭ１００の前後方向に沿って延設される左右一対のレール１３５が一体的に設けられ、エキスカベータ２００の機械本体部は、レール１３５に対し移動可能に支持される。
エキスカベータ２００は、機械本体部を構成するクランプボックス２１０、クランプボックス２１０に対して俯仰及び旋回が可能に支持されるサポートフレーム２２０、サポートフレーム２２０に対して摺動可能に支持されるブーム２３０、ブーム２３０の先端にチルト可能に取り付けられるバケット２４０などを含んで構成される。
なお、本参考例において、補助掘削機としてのエキスカベータ２００の腕体は、サポートフレーム２２０とブーム２３０とで形成される。
【００２３】
クランプボックス２１０は、レール１３５に沿って前後方向に移動するための一対の前輪２１１及び一対の後輪２１２を備える。
更に、クランプボックス２１０は、前輪２１１と後輪２１２との間でレール１３５を左右から挟み込む内クランプ２１３及び外クランプ２１４の組み合わせを４対備えていて、内クランプ２１３及び外クランプ２１４によって、レール１３５上の任意の位置にクランプボックス２１０を固定でき、また、クランプボックス２１０を移動させて停止させるときに制動を作用させることができるよう構成されている。
【００２４】
前輪２１１は、クランプボックス２１０のサポートフレーム２２０側（前側）の左右端に、左右方向に延びる回転軸回りに回転可能に支持され、その踏面がレール１３５の頭部に接触しながら回転する。
また、前輪２１１は、図外の油圧モータで回転駆動される駆動輪であり、前輪２１１が回転駆動されることで、クランプボックス２１０はレール１３５上を自走して前後方向に移動する。
【００２５】
一方、後輪２１２は、サポートフレーム２２０が設けられる側とは逆側（後側）のクランプボックス２１０の左右端に、回転可能に支持される。
各レール１３５の外側側面（２つのレール１３５が相互に対向する面とは反対側の面）には、溝部１３６が前後方向に沿って延びるように凹陥形成されていて、溝部１３６の横断面は底面と開放面とが平行で底面側が開放面側よりも狭い（開放面に向けて拡がる）台形をなす。そして、後輪２１２は、溝部１３６の上側傾斜面１３６ａに踏面が接触して回転するよう構成された非駆動輪である。
【００２６】
後輪２１２のユニットは、クランプボックス２１０に対して揺動可能に支持され、後輪押付けジャッキ２１８を伸長させることで上側傾斜面１３６ａに後輪２１２の踏面が押し

付けられ、後輪押付けジャッキ２１８を収縮させることで、上側傾斜面１３６ａから後輪２１２の踏面が離間するように構成されている。
つまり、後輪押付けジャッキ２１８を伸長させて上側傾斜面１３６ａに後輪２１２の踏面が押し付けられる状態で、後輪２１２の回転軸は、上側傾斜面１３６ａに平行で水平面に対して斜めに交差し、後輪押付けジャッキ２１８を収縮させると、後輪２１２の回転軸は、揺動軸回りに外側に向けて揺動し、後輪２１２の踏面は上側傾斜面１３６ａから離間する。
【００２７】
係る構成によると、後輪押付けジャッキ２１８を伸長させている状態では、クランプボックス２１０の後側を浮き上がらせる方向の力は、上側傾斜面１３６ａに後輪２１２の踏面を押し付ける力として作用し、前側に重量物であるサポートフレーム２２０などを支持するクランプボックス２１０の後側が、前輪２１１を支点として浮き上がることが抑制される。
また、後輪押付けジャッキ２１８を収縮させることで、後輪２１２のユニットが外側に退避した状態となり、係る状態で、クランプボックス２１０のレール１３５に対する脱着が可能となる。つまり、クランプボックス２１０を脱着するとき以外は、後輪押付けジャッキ２１８を伸長させた状態に保持する。
【００２８】
内クランプ２１３及び外クランプ２１４は、レール１３５を左右から挟み込むようにレール１３５に押し当てられることで、クランプボックス２１０を前後方向の任意の位置に固定する機構である。
外クランプ２１４は、溝部１３６に形状を合わせた台形部２１４ａを有し、左右一対の外クランプ２１４の組み合わせ毎に設けられる外レールクランプジャッキ２１５を伸長させることで台形部２１４ａが溝部１３６に嵌入してレール１３５に押し付けられる状態になり、逆に外レールクランプジャッキ２１５を収縮させることで、台形部２１４ａが溝部１３６から離間するように、クランプボックス２１０に対し揺動可能に支持されている。
【００２９】
一方、内クランプ２１３は平板な押当面２１３ａを有し、左右一対の内クランプ２１３の組み合わせ毎に設けられる内レールクランプジャッキ２１６を伸長させることで、レール１３５を挟んで外クランプ２１４の台形部２１４ａと対向するレール１３５の内側面に押当面２１３ａが押し当てられる状態になり、逆に内レールクランプジャッキ２１６を収縮させることで、押当面２１３ａがレール１３５の内側面から離間するように、クランプボックス２１０に対し揺動可能に支持されている。
つまり、エキスカベータ２００による掘削時などでクランプボックス２１０の位置を固定したいときには、外レールクランプジャッキ２１５及び内レールクランプジャッキ２１６を伸長させて内クランプ２１３及び外クランプ２１４をレール１３５に押し当てることで、摩擦抵抗によりクランプボックス２１０の前後方向への移動を阻止する。
【００３０】
一方、クランプボックス２１０をレール１３５に沿って移動させるときには、外レールクランプジャッキ２１５及び内レールクランプジャッキ２１６を収縮させて、内クランプ２１３及び外クランプ２１４によるクランプ状態（レール１３５への押し付け状態）を解放し、係る状態で前輪２１１を回転駆動する。
なお、内クランプ２１３及び外クランプ２１４によるクランプ状態では、外クランプ２１４の台形部２１４ａが溝部１３６に嵌入することで、クランプボックス２１０が上下方向に位置決めされ、このとき前輪２１１，２１１の踏面がレール１３５，１３５の頭部から浮いた状態（非接触状態）になるよう構成されている。
【００３１】
また、サポートフレーム２２０は、クランプボックス２１０の前側中央に対し垂直軸回り（左右方向）に揺動可能に支持される基端部２２０ａと、基端部２２０ａの先端に対し水平軸回り（上下方向）に揺動可能に支持されるフレーム部２２０ｂとで構成される。

そして、クランプボックス２１０の前側の左右端部に一端が連結される左右一対の旋回ジャッキ２２１の他端が、基端部２２０ａの左右側面に連結され、この旋回ジャッキ２２１の一方を伸ばし他方を縮めることで基端部２２０ａが垂直軸回り（左右方向）に揺動するよう構成されている。

【００３２】

また、俯仰ジャッキ２２２は、その一端が基端部２２０ａの上部に連結され、他端がフレーム部２２０ｂの上部に連結され、この俯仰ジャッキ２２２を伸縮させることで、フレーム部２２０ｂは上下方向に揺動する。

更に、サポートフレーム２２０（フレーム部２２０ｂ）とブーム２３０との間に設けられる摺動ジャッキ２２３を伸縮させることで、サポートフレーム２２０（フレーム部２２０ｂ）の前端からのブーム２３０の飛び出し長さ、つまり、クランプボックス２１０からバケット２４０までの腕体の長さが可変とされる。

【００３３】

また、バケット２４０は、エッジ部２４０ａ及び底板２４０ｂの外側に複数のツース２４０ｃを備え、ブーム２３０の先端に対して水平軸回り（上下方向）に揺動可能に支持される。

チルトジャッキ２２４は、一端がブーム２３０に連結され他端がバケット２４０に連結され、このチルトジャッキ２２４を伸縮させることで、バケット２４０がチルト動作する。

【００３４】

上記構成のエキスカベータ２００を用いてトンネル掘進を行わせるときには、クランプボックス２１０をレール１３５に固定した状態で、サポートフレーム２２０及びブーム２３０をカッタヘッド１２０の開口部から切羽側に突き出し、ブーム２３０の先端に取り付けたバケット２４０によってカッタヘッド１２０前方の地山を掘削する。

カッタヘッド１２０の中央の所定領域は開閉可能な開閉扉１２３をなし、この開閉扉１２３が開いて開放される開口部１２３ａ（図９参照）にサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びバケット２４０が挿通できるように構成される。

【００３５】

また、サポートフレーム２２０及びブーム２３０をカッタヘッド１２０の開口部１２３ａから切羽側に突き出してバケット２４０で地山を掘削するときに、掘削した土砂を排土コンベア１８０の搬送面に載せて後方に排出させるために、排土コンベア１８０のうちの先端ユニット１８０ａ（後述する図１５～図１７参照）をカッタヘッド１２０の前方下部に突出させる。

係る排土コンベア１８０の突き出しを可能にするために、排土コンベア１８０を挿通させるための開口部１２８が、開閉扉１２３が開いて開放される開口部１２３ａからカッタヘッド１２０の径方向（中央部から外周部に向かう方向）に連続するようにカッタヘッド１２０に設けられ（図９参照）、この排土コンベア１８０を挿通させるための開口部１２８は、面板の取り外しによって開放されるよう構成されている。

【００３６】

排土コンベア１８０を挿通させるための開口部１２８は、周縁部において、所定角度間隔（例えば、９０deg間隔、１８０deg間隔などの任意の角度間隔）で配設されるスクレーパ１２１ｂ（バケット）のうちの１つの設置領域に重なり、スクレーパ１２１ｂのうちの１つ（１２１ｂ１）を取り外し可能に構成すると共に、この取り外し可能なスクレーパ１２１ｂ１と開閉扉１２３との間の面板１２７ａ～１２７ｃを取り外し可能に構成してある。

つまり、カッタヘッド１２０によって掘削させるときには、開閉扉１２３を閉じ、スクレーパ１２１ｂ１及び面板１２７ａ～１２７ｃをカッタヘッド１２０に取り付けた状態とする。

【００３７】

一方、エキスカベータ２００によって掘削させるときには、スクレーパ１２１ｂ１が下

端に位置するようにカッタヘッド１２０の角度位置を設定し、開閉扉１２３を開き、スクレーパ１２１ｂ１及び面板１２７ａ～１２７ｃをカッタヘッド１２０から取り外す。
そして、開閉扉１２３が開いて開放される開口部１２３ａからサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びバケット２４０を切羽側に突き出し、スクレーパ１２１ｂ１及び面板１２７ａ～１２７ｃが外されて開放される開口部１２８に排土コンベア１８０を挿通させて、排土コンベア１８０の先端をカッタヘッド１２０の前方下部に突き出す。

【００３８】

排土コンベア１８０は、カッタヘッド１２０後方の標準位置（第１位置、カッタヘッド１２０による掘削時位置）から、カッタヘッド１２０に近づく方向に押し出すことが可能に構成される。
また、排土コンベア１８０をカッタヘッド１２０に向けて押し出すと、押し出し前は搬送面が略水平に設定される排土コンベア１８０のうちの先端ユニット１８０ａは、基端側を揺動軸として先端側が下がり、先端ユニット１８０ａの搬送面は前方（切羽側）に向けて下り坂になるように傾斜する。
そして、係る状態（第２位置、エキスカベータ２００による掘削時位置）で、スクレーパ１２１ｂ１及び面板１２７ａ～１２７ｃが外されて開放する開口部１２８に先端ユニット１８０ａが挿通し、カッタヘッド１２０の前方下部に突き出るよう構成される。

【００３９】

次に、上述したエキスカベータ２００を補助掘削機として備えたＴＢＭ１００によるトンネル掘削の手順の一態様を説明する。
図１０のフローチャートは、ＴＢＭ１００によるトンネル掘削の基本的な手順を示す。
トンネル掘削において、まずは、カッタヘッド１２０によってトンネル掘削を行う標準掘削工程（Ｓ１）を実施する。

【００４０】

つまり、ＴＢＭ１００によるトンネル掘削において、不良地山に遭遇するまでは、カッタヘッド１２０を回転駆動させながらスラストジャッキ１４０を伸長させて掘進し、スラストジャッキ１４０が伸び切ると、グリッパ１３２を坑壁から離間させた後にスラストジャッキ１４０を収縮させてグリッパ１３２をカッタヘッド１２０側に引き寄せ、その後、グリッパ１３２を坑壁に再度押し当て、グリッパ１３２によって掘進反力を得ながらスラストジャッキ１４０を伸長させて掘進することを繰り返す（標準掘削工程）。

【００４１】

なお、ＴＢＭ１００が、スラストジャッキ１４０をセグメント等により構成される覆工体に直接押し当てることで推進反力を得る場合は、スラストジャッキ１４０を覆工体に直接押し当てている状態でスラストジャッキ１４０を伸長させて掘進し、スラストジャッキ１４０が伸びきると、スラストジャッキ１４０を覆工体に押し当てている箇所から離間させた後に収縮させて、その後スラストジャッキ１４０を再度覆工体に押し当てて（つまり、スラストジャッキ１４０を押し当てる覆工体の位置を盛替えて）、覆工体から掘進反力を得ながらスラストジャッキ１４０を伸長させて掘進することを繰り返す（標準掘削工程）。

【００４２】

また、係るカッタヘッド１２０によるトンネル掘進においては、エレクタ装置１６０によって支保工１６１を坑壁１５０に組み付け、更に、支保工１６１が設置された坑壁１５０にコンクリートを吹き付けて補強する。

【００４３】

標準掘削工程によってトンネルを掘進させている状態で軟弱地盤などの不良地山に遭遇し（Ｓ２）、切羽の崩落などによってカッタヘッド１２０による掘進が不能になると（Ｓ３）、カッタヘッド１２０によるトンネル掘削を中断し、エキスカベータ２００を用いたトンネル掘進（補助掘削工程）に移行させる（Ｓ４）。
そして、補助掘削工程によるトンネル掘進で不良地山を突破すると（Ｓ５）、カッタヘッド１２０によってトンネル掘削を行う標準掘削工程に戻す（Ｓ６）。

【００４４】
ここで、エキスカベータ２００を用いるトンネル掘進（補助掘削工程：Ｓ４）について更に説明する。
カッタヘッド１２０による全断面掘削が困難な不良地山（軟弱地盤）に遭遇し（Ｓ２）、カッタヘッド１２０による掘削からエキスカベータ２００による掘削に切り替えるとき（Ｓ３→Ｓ４）には、まず、カッタヘッド１２０を含むＴＢＭ１００を後退させてカッタヘッド１２０の開閉扉１２３を切羽側に向けて押し開ける。ＴＢＭ１００を後退させる手法については、例えば、特許文献１に開示の手法を採用することができる。次いで、クランプボックス２１０をメインビーム１３０に沿って前方に移動させることによってエキスカベータ２００のメインビーム１３０に対する支持位置を退避位置からカッタヘッド１２０により近いトンネル掘削位置に移設し、開閉扉１２３が開いて開放された開口部１２３ａからエキスカベータ２００の腕体（サポートフレーム２２０及びブーム２３０）をカッタヘッド１２０の前方に突き出す。
【００４５】
そして、クランプボックス２１０をトンネル掘削位置にクランプすると、バケット２４０によってカッタヘッド１２０前方の地山を掘削し、掘削した土砂をバケット２４０によってスカート部１８１（後述する図１５～図１７参照）を介して排土コンベア１８０の搬送面に押し上げて後方に排出させる作業を行い、摺動ジャッキ２２３を最大に伸長させてバケット２４０が届く範囲の地山を掘削する。
【００４６】
上記のように、カッタヘッド１２０による全断面掘削が困難な不良地山（軟弱地盤）に遭遇したときに、カッタヘッド１２０に設けた開閉扉１２３を開いてエキスカベータ２００の腕体をカッタヘッド１２０の前方に突き出してエキスカベータ２００による補助掘削を行わせるので、カッタヘッド１２０による掘削とエキスカベータ２００による補助掘削とを容易に（短時間に）変更でき、不良地山を効率的に突破できる。
【００４７】
不良地山を突破した後は、エキスカベータ２００及び排土コンベア１８０を後退させ、また、面板１２７ａ～１２７ｃをカッタヘッド１２０に取り付け、更に開閉扉１２３を閉じて、ＴＢＭ１００の構成をエキスカベータ２００による掘削作業状態（補助掘削工程）からカッタヘッド１２０による掘削作業状態に戻し、カッタヘッド１２０による掘削（標準掘削工程）を再開させる。
【００４８】
なお、上記の補助掘削工程（Ｓ４）は、ＴＢＭ１００を後退させる後退工程と、ＴＢＭ１００を後退させた後に開閉扉１２３をカッタヘッド１２０の前方に向けて押し開ける開放工程とを含み得る。また、不良地山を突破するための工程として、バケット２４０による掘削（掘削工程）とＴＢＭ１００の推進（推進工程）とを含み、バケット２４０による掘削工程とＴＢＭ１００の推進工程とを繰り返すことでトンネルの掘進を行う。
【００４９】
ここで、開閉扉１２３が後方に向けて引き開けられる構成とすることができるが、開閉扉１２３を切羽側に向けて押し開く構成であれば、エキスカベータ２００による掘削作業を行うときにカッタヘッド１２０手前の胴体内にスペースを広く確保でき、また、開口部１２３ａからエキスカベータ２００の腕体を突き出すことが容易になる。
なお、カッタヘッド１２０に後方に向けて引き開けられる構成の開閉可能な開口部を設けた場合、不良地山に遭遇したときにカッタヘッド１２０を含むＴＢＭ１００を後退させることなく、引き開けた開口部からカッタヘッド１２０前方の地山の状態を目視で確認することができる。
【００５０】
次に、本発明に係るトンネル掘削機及びトンネルの施工方法の実施形態について、図１１～図２０を用いて説明する。
上記図１～図１０に示した本発明の参考例と異なる点について説明する。

【００５１】
本実施形態では、ブーム２３０の先端に取り付ける作業装置として、バケット２４０の代わりに、図１１に示すようにアタッチメント３００が採用されている。アタッチメント３００は、第１ユニット部３０１と、第２ユニット部３０２と、リンク機構３０３と、左右一対の屈伸ジャッキ３０４とを備える。
【００５２】
第１ユニット部３０１は、バケット３１０と左右一対の腕部３１１とを備える。バケット３１０は、略Ｃ字状又は略Ｌ字状に湾曲した底板３１２と、この底板３１２に立設された左右一対の側板３１３とを備える。底板３１２の背面には腕部３１１の一端が取り付けられている。なお、底板３１２の先端には複数のツース３１４が取り付けられている。
【００５３】
腕部３１１の他端は、第２ユニット部３０２の前端に対して水平軸回り（上下方向）に揺動可能に支持される。屈伸ジャッキ３０４は、一端が第２ユニット部３０２の後部側面に連結され、他端が腕部３１１の側面に連結されている。屈伸ジャッキ３０４を伸縮させることで、第２ユニット部３０２に対して第１ユニット部３０１を屈伸させることができる。ここで、図１１は、アタッチメント３００の屈伸動作を示しており、詳しくは、図１１（ア）はアタッチメント３００の伸展状態（第１ユニット部３０１と第２ユニット部３０２とがなす角の角度が大きい状態）を示し、図１１（イ）はアタッチメント３００の屈曲状態（第１ユニット部３０１と第２ユニット部３０２とがなす角の角度が小さい状態）を示す。
【００５４】
第２ユニット部３０２の前端にはブレーカ（打撃装置）３０５が突設されている。屈伸ジャッキ３０４の伸縮によるアタッチメント３００の屈伸動作でブレーカ３０５が第１ユニット部３０１（バケット３１０及び腕部３１１）に接触しないように、ブレーカ３０５が第２ユニット部３０２の前端に取り付けられている。
【００５５】
第２ユニット部３０２は、ブーム２３０の先端に対して水平軸回り（上下方向）に揺動可能に支持される。チルトジャッキ２２４は、一端がブーム２３０に連結され他端がリンク機構３０３を介して第２ユニット部３０２に連結され、このチルトジャッキ２２４を伸縮させることで、第２ユニット部３０２と、第２ユニット部３０２に連結されている屈伸ジャッキ３０４及び第１ユニット部３０１とが、一体的にチルト動作する。すなわち、このチルトジャッキ２２４を伸縮させることで、アタッチメント３００の全体がチルト動作する。
【００５６】
第２ユニット部３０２の上面には、後述する削孔装置４００の取り付けに用いられる取付金具３２０が設けられている。第１ユニット部３０１の腕部３１１の背面（アタッチメント３００の伸展状態で上方を向く面）には、後述する吹付装置５００の取り付けに用いられる台座部３３０が設けられている。すなわち、本実施形態では、ブレーカ３０５が取り付けられた第２ユニット部３０２に削孔装置４００を着脱可能に取り付けでき、また、バケット３１０を備える第１ユニット部３０１に吹付装置５００を着脱可能に取り付けできる。ゆえに、アタッチメント３００（エキスカベータ２００）において、削孔装置４００の取り付け位置と、吹付装置５００の取り付け位置とが異なっている。
【００５７】
本実施形態では、上記の補助掘削工程（Ｓ４）において、削孔装置４００（図１２～図１７参照）を用いて地山を削孔する削孔工程と、吹付装置５００（図１８～図２０参照）を用いて掘削面にコンクリートを吹き付ける吹付工程との少なくとも一方を実施する。
【００５８】
上記の削孔工程は、例えば、切羽の安定性確保のための先受工や鏡面補強、あるいは坑壁へのロックボルト打設などを実施する際に含まれ得る工程である。
図１２～図１４に示すように、削孔装置４００は、基端側から先端側に延びるガイドセ

ル４０１と、ガイドセル４０１の延在方向に沿って移動可能な削孔ユニット４０２とを備える。ガイドセル４０１の先端にはセントライザ４０６が設けられている。削孔ユニット４０２は、ドリフタ４０３と削孔ロッド４０４と削孔ビット４０５とを備えている。

【００５９】

ここで、図１２及び図１４は、ドリフタ４０３に削孔ロッド４０４が取り付けられる前の状態を示しており、それゆえ、図１２及び図１４では、削孔ロッド４０４及び削孔ビット４０５を一点鎖線で示している。また、図１３では、図示簡略化のため、削孔装置４００のうちガイドセル４０１のみを実線の矩形で表している。

【００６０】

図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様は、例えば、図１５に示す切羽削孔時に採用され得る。これに対し、図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様は、例えば、図１６及び図１７に示すロックボルト削孔時に採用され得る。

【００６１】

ここにおいて、図１５～図１７では、アタッチメント３００が伸展している状態（第１ユニット部３０１と第２ユニット部３０２とがなす角の角度が大きい状態）を示しているが、削孔作業時のアタッチメント３００の屈伸状態は図１５～図１７に示されているものに限らず、例えば、アタッチメント３００が屈曲している状態（第１ユニット部３０１と第２ユニット部３０２とがなす角の角度が小さい状態）であってもよい。

【００６２】

ドリフタ４０３は、例えば油圧式の駆動手段であり、削孔ロッド４０４及び削孔ビット４０５に対して回転力を与えると共に、ガイドセル４０１に沿って往復運動することが可能である。ドリフタ４０３による回転力は、内蔵のモータにより、打撃力は、内蔵のピストンにより与えられる。また、ドリフタ４０３の前進移動（ガイドセル４０１の基端側から先端側に向かう移動）によりフィード圧（削孔ビット４０５を地山等に押し付ける圧力）が与えられる。

【００６３】

削孔ロッド４０４は、ドリフタ４０３からの回転力と押圧力とを削孔ビット４０５に伝達するものである。削孔ビット４０５は、回転した状態で地山等に押し付けられて地山等を掘削するものである。

【００６４】

図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様において、削孔装置４００は、台座部４１０を介して、アタッチメント３００の第２ユニット部３０２に取り付けられている。

台座部４１０は、ガイドセル４０１の基端側部分を下方から支持する。台座部４１０は、取付金具３２０等を介して、第２ユニット部３０２の上面に、ボルト締め等の手法で着脱可能に取り付けられる。

【００６５】

図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様では、ガイドセル４０１は、その基端側部分が、台座部４１０に対し、軸Ｐ１回り（左右方向）に旋回可能に支持されている。ここで軸Ｐ１は第２ユニット部３０２の上面に略直交する。図１２に示す状態を基準状態とすると、ガイドセル４０１はこの基準状態から左右に少なくとも９０deg旋回可能である（図１３参照）。なお、図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様において、第２ユニット部３０２の上面と、ガイドセル４０１の延在方向とは略平行である。また、上記基準状態において、アタッチメント３００の前方かつ上方にガイドセル４０１の先端側が位置し、アタッチメント３００の後部の上方にガイドセル４０１の基端側が位置している。

【００６６】

図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様において、削孔装置４００は、台座部４２０を介して、アタッチメント３００の第２ユニット部３０２に取り付けられている。

台座部４２０は、ガイドセル４０１の基端側部分を下方から支持する。台座部４２０は、取付金具３２０等を介して、第２ユニット部３０２の上面に、ボルト締め等の手法で着脱可能に取り付けられる。

【００６７】
図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様では、ガイドセル４０１は、その基端側部分が、台座部４２０に対し、軸Ｐ２回り（左右方向）に旋回可能に支持されている。図１４に示す状態を基準状態とすると、ガイドセル４０１はこの基準状態から左右に少なくとも９０deg旋回可能である（図１３参照）。なお、図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様において、第２ユニット部３０２の上面と、ガイドセル４０１の延在方向とがなす角の角度θ１は、軸Ｐ２の傾斜角θ２に対応している。ここで、傾斜角θ２とは、第２ユニット部３０２の上面に略直交する軸と、軸Ｐ２とがなす角の角度である。また、上記基準状態において、第２ユニット部３０２の前部の上方にガイドセル４０１の基端側が位置し、第２ユニット部３０２より後方かつ上方にガイドセル４０１の先端側が位置している。また、ガイドセル４０１は、先端側から基端側に向かうほど、第２ユニット部３０２の上面に近づくように傾斜している。上述の角度θ１及び傾斜角θ２は、５～４５degの範囲内であることが好ましく、１０～３０degの範囲内であることが更に好ましい。
【００６８】
従って、図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様と、図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様とでは、アタッチメント３００に対するガイドセル４０１（削孔装置４００）の取付方向が前後方向で逆である。
【００６９】
なお、本実施形態において、削孔装置４００を旋回可能に支持する台座部４１０，４２０が、本発明の「削孔装置用向き変更手段」に対応して、エキスカベータ２００（補助掘削機）に取り付けられた削孔装置４００の、エキスカベータ２００（補助掘削機）に対する向きを変更する機能を実現する。
【００７０】
削孔装置４００を用いて地山の削孔を行う場合には、まず、アタッチメント３００に台座部４１０又は台座部４２０を介して削孔装置４００を着脱可能に取り付ける（削孔装置取付工程）。この削孔装置４００の取付作業は、開閉扉１２３が開いて開放されたカッタヘッド１２０の開口部１２３ａからサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びアタッチメント３００を切羽側に突き出した状態で行う。
【００７１】
次に、カッタヘッド１２０の開口部１２３ａからサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びアタッチメント３００を切羽側に突き出した状態で、アタッチメント３００に取り付けられた削孔装置４００により、カッタヘッド１２０前方の地山を削孔する（削孔工程：図１５～図１７参照）。
【００７２】
なお、上記の削孔装置取付工程では、エキスカベータ２００の全体が胴体１１０内に収容された状態で、アタッチメント３００に台座部４１０又は台座部４２０を介して削孔装置４００を着脱可能に取り付けてもよい。この場合には、上記の削孔工程に先立って、カッタヘッド１２０の開閉扉１２３を開けて開口部１２３ａを開放し、この開放した開口部１２３ａからサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びアタッチメント３００（削孔装置４００が取り付けられている）を切羽側に突き出す。
【００７３】
図１５に示すように、切羽前方（切羽より前方）に向けて削孔する場合には、図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様が採用され得る。この場合において、所望の削孔位置にて削孔を行うように、削孔装置４００を台座部４１０に対して旋回させるのみならず、エキスカベータ２００自体を作動させることで、削孔装置４００の位置及び姿勢の調整を行うことができる。ゆえに、削孔装置４００と、削孔装置４００が取り付けられたエキスカベータ２００とを協働させることで、削孔作業を効率よく、かつ、精度よく行うことができる。
【００７４】
図１６及び図１７に示すように、ロックボルト設置のために、坑内空間Ｑ内からトンネ

ル内外方向（例えば径方向、換言すれば、トンネル軸方向に略直交する方向）に放射状に複数の削孔を形成すると共に、トンネル軸方向（前後方向）に間隔を空けて複数の削孔を形成する場合には、図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様が採用され得る。この場合において、所望の削孔位置にて削孔を行うように、削孔装置４００を台座部４２０に対して旋回させるのみならず、エキスカベータ２００自体を作動させることで、削孔装置４００の位置及び姿勢の調整を行うことができる。ゆえに、削孔装置４００と、削孔装置４００が取り付けられたエキスカベータ２００とを協働させることで、削孔作業を効率よく、かつ、精度よく行うことができる。

【００７５】

図１５に示すように、切羽前方に向けて削孔する場合には、図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様が採用され得る。一方、切羽前方以外の方に向けて削孔する場合（例えば、図１６及び図１７に示すようにロックボルト削孔を行う場合）には、図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様が採用され得る。ゆえに、本実施形態では、切羽前方に向けて削孔する場合と、切羽前方以外の方に向けて削孔する場合とで、削孔装置４００のアタッチメント３００に対する向きが異なっている。

なお、本実施形態では、切羽前方に向けて削孔する場合（図１５参照）とロックボルト削孔を行う場合（図１６及び図１７参照）とで比較すると、上記の基準状態において、削孔装置４００のアタッチメント３００に対する向き（取付向き）が前後逆になっている。

【００７６】

本実施形態では、図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様で切羽前方に向けて削孔（図１５参照）した後、削孔装置４００のアタッチメント３００に対する取付向きを、図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様に変更して、ロックボルト削孔（図１６及び図１７参照）を行ってもよい。また、これとは逆に、図１４に示す削孔装置４００の取付の第２態様でロックボルト削孔（図１６及び図１７参照）を行った後、削孔装置４００のアタッチメント３００に対する取付向きを、図１２に示す削孔装置４００の取付の第１態様に変更して、切羽前方に向けて削孔（図１５参照）してもよい。つまり、上記の削孔工程は、削孔装置４００のエキスカベータ２００（補助掘削機）に対する取付向きを変更する取付向き変更工程を含んでもよい。

本実施形態では、地山を第１の方向に削孔する場合（例えば図１５に示すように切羽前方に向けて削孔する場合）と、地山を、第１の方向とは異なる第２の方向に削孔する場合（例えば図１６及び図１７に示すようにロックボルト削孔を行う場合）とで、削孔装置４００のエキスカベータ２００（補助掘削機）に対する取付向きが異なる。この点は、図１２の図示と図１４の図示とを比較すれば容易に把握できるであろう。

また、本実施形態では、地山を第１の方向に削孔する場合（例えば図１５に示すように切羽前方に向けて削孔する場合）と、地山を、第１の方向とは異なる第２の方向に削孔する場合（例えば図１６及び図１７に示すようにロックボルト削孔を行う場合）とで、台座部（その形状や取付向きなど）が異なる。この点は、図１２の台座部４１０の図示と図１４の台座部４２０の図示とを比較すれば容易に把握できるであろう。

【００７７】

削孔装置４００を用いる削孔作業時などでクランプボックス２１０の位置を固定したいときには、外レールクランプジャッキ２１５及び内レールクランプジャッキ２１６を伸長させて内クランプ２１３及び外クランプ２１４をレール１３５に押し当てることで、摩擦抵抗によりクランプボックス２１０の前後方向への移動を阻止することができる。

【００７８】

本実施形態では、エキスカベータ２００による掘進途中で、掘削面にコンクリートを吹き付けて地山改良を行う必要があるときには、吹付装置５００を用いてコンクリートの吹付け（吹付工程）を行わせることができる。

このように、エキスカベータ２００による掘削途中で、又はカッタヘッド１２０の前方で、コンクリート吹付等の支保作業を行うことが可能であり、係る支保作業により不良地山の更なる崩壊等を防止することができる。

【００７９】
図１８～図２０に示すように、吹付装置５００は、腕部５０１と、ノズル支持部５０２と、ノズルホルダ５０３と、吹付ノズル５０４と、プレート５０５とを備える。
腕部５０１は一方向に延びている。腕部５０１は、複数（本実施形態では３つであるが、３つに限らない）の立方体状の中空ブロック体５０６と、上面に把持部５０７を有する直方体状のブロック体５０８とを上記一方向に並べて連結してなる。中空ブロック体５０６は、その内外を連通する開口部５０６ａが６面全てに形成されている。このような構成とすることで、腕部５０１の軽量化を図っている。腕部５０１の先端側にブロック体５０８が配置されている。
【００８０】
腕部５０１の基端部の下面にはプレート５０５が取り付けられている。プレート５０５は矩形状であり、その四隅にはボルト５０９の雄ネジ部を挿通するための貫通孔（図示せず）が形成されている。ボルト５０９の雄ネジ部をプレート５０５の貫通孔に通し、更に、上記の台座部３３０の雌ネジ部に螺合させてボルト５０９を締め付けることで、吹付装置５００はアタッチメント３００の第１ユニット部３０１の腕部３１１に着脱可能に取り付けられる。
【００８１】
腕部５０１の先端部には、腕部５０１の延在方向に延びる軸５１０を介して、ノズル支持部５０２が取り付けられている。ノズル支持部５０２は、腕部５０１の先端部に対して、軸５１０を回転軸として回転自在である。
【００８２】
ノズル支持部５０２には、軸５１０に略直交する方向に延びる軸５１１を介して、ノズルホルダ５０３が取り付けられている。ノズルホルダ５０３は、ノズル支持部５０２に対して、軸５１１を回転軸として回転自在である。
ノズルホルダ５０３は吹付ノズル５０４を保持するものである。吹付ノズル５０４には、図示しないコンクリート供給用のホース等が接続される。吹付ノズル５０４の先端開口部から吹付用のコンクリートが噴射され得る。
【００８３】
図２０に示すように、腕部５０１の延在方向と、第１ユニット部３０１の腕部３１１の延在方向とは略平行である。本実施形態では、腕部５０１が比較的長く形成されているので、吹付ノズル５０４を第１ユニット部３０１から離間させることができる。ゆえに、吹付ノズル５０４から掘削面に向けて吹き付けたコンクリートの跳ね返りが第１ユニット部３０１（特に、ツース３１４を備えるバケット３１０）に付着することを抑制することができる。
【００８４】
なお、本実施形態において、軸５１０，５１１、ノズル支持部５０２、及びノズルホルダ５０３によって、「吹付ノズル用向き変更手段」の機能が実現される。この「吹付ノズル用向き変更手段」は、エキスカベータ２００（補助掘削機）に取り付けられた吹付装置５００の吹付ノズル５０４の、エキスカベータ２００（補助掘削機）に対する向きを変更するものである。
【００８５】
吹付装置５００を用いて地山の掘削面にコンクリート吹付を行う場合には、まず、アタッチメント３００の台座部３３０に吹付装置５００を着脱可能に取り付ける（吹付装置取付工程）。この吹付装置５００の取付作業は、開閉扉１２３が開いて開放されたカッタヘッド１２０の開口部１２３ａからサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びアタッチメント３００を切羽側に突き出した状態で行う。
【００８６】
次に、カッタヘッド１２０の開口部１２３ａからサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びアタッチメント３００を切羽側に突き出した状態で、アタッチメント３００に取り付けられた吹付装置５００により、カッタヘッド１２０前方の地山の掘削面にコンクリ

ートを吹き付ける（吹付工程）。
【００８７】
なお、上記の吹付装置取付工程では、エキスカベータ２００の全体が胴体１１０内に収容された状態で、アタッチメント３００の台座部３３０に吹付装置５００を着脱可能に取り付けてもよい。この場合には、上記の吹付工程に先立って、カッタヘッド１２０の開閉扉１２３を開けて開口部１２３ａを開放し、この開放した開口部１２３ａからサポートフレーム２２０、ブーム２３０、及びアタッチメント３００（吹付装置５００が取り付けられている）を切羽側に突き出す。
【００８８】
吹付装置５００を用いるコンクリート吹付作業時などでクランプボックス２１０の位置を固定したいときには、外レールクランプジャッキ２１５及び内レールクランプジャッキ２１６を伸長させて内クランプ２１３及び外クランプ２１４をレール１３５に押し当てることで、摩擦抵抗によりクランプボックス２１０の前後方向への移動を阻止することができる。
【００８９】
本実施形態では、吹付装置５００を用いて掘削面にコンクリートを吹き付けているが、これに代えて、掘削面にモルタルを吹き付けてもよい。この場合には、吹付ノズル５０４にモルタル供給用のホース等が接続されて、吹付ノズル５０４の先端開口部から吹付用のモルタルが噴射され得る。
【００９０】
本実施形態において、吹付工程の後に削孔工程が実施される場合には、上記の削孔装置取付工程に先立って、アタッチメント３００から吹付装置５００が取り外される。
これとは逆に、削孔工程の後に吹付工程が実施される場合には、上記の吹付装置取付工程に先立って、アタッチメント３００から削孔装置４００が取り外される。
【００９１】
つまり、削孔装置４００と吹付装置５００とのいずれか一方がアタッチメント３００に取り付けられているときに他方はアタッチメント３００から取り外されていることが好ましい。しかしながら、削孔装置４００と吹付装置５００との双方が同時期にアタッチメント３００に取り付けられていてもよい。
【００９２】
本実施形態によれば、ＴＢＭ１００（トンネル掘削機）は、胴体１１０と、胴体１１０の前部に回転可能に装着されるカッタヘッド１２０であって、開閉可能な開口部１２３ａを有するカッタヘッド１２０と、胴体１１０内に収容可能なエキスカベータ２００（補助掘削機）と、エキスカベータ２００に取り付け可能な削孔装置４００とを備える。開放された開口部１２３ａからエキスカベータ２００を前方に突き出した状態で、エキスカベータ２００に取り付けられた削孔装置４００は地山を削孔可能である。それゆえ、削孔装置４００と、削孔装置４００が取り付けられたエキスカベータ２００とを協働させることで、当該削孔作業を効率よく、かつ、精度よく行うことができる。
【００９３】
また本実施形態によれば、ＴＢＭ１００（トンネル掘削機）は、エキスカベータ２００（補助掘削機）に取り付けられた削孔装置４００の、エキスカベータ２００に対する向きを変更する削孔装置用向き変更手段（台座部４１０，４２０）を更に備える。これにより、削孔装置４００の向きの調整を容易に行うことができる。
【００９４】
また本実施形態によれば、ＴＢＭ１００（トンネル掘削機）は、エキスカベータ２００（補助掘削機）に取り付け可能な吹付装置５００を更に備える。開放された開口部１２３ａからエキスカベータ２００を前方に突き出した状態で、エキスカベータ２００に取り付けられた吹付装置５００から地山の掘削面にコンクリート又はモルタルを吹き付け可能である。これにより、掘削面の保護と崩壊等の抑制とを実現することができる。
【００９５】

また本実施形態によれば、ＴＢＭ１００（トンネル掘削機）は、エキスカベータ２００（補助掘削機）に取り付けられた吹付装置５００の吹付ノズル５０４の、エキスカベータ２００に対する向きを変更する吹付ノズル用向き変更手段（軸５１０，５１１、ノズル支持部５０２、及びノズルホルダ５０３）を更に備える。これにより、吹付ノズル５０４の向きの調整を容易に行うことができる。

【００９６】

また本実施形態によれば、トンネルの施工方法は、胴体１１０の前部にカッタヘッド１２０が回転可能に装着されたＴＢＭ１００（トンネル掘削機）を用いる施工方法である。カッタヘッド１２０は、開閉可能な開口部１２３ａを有する。ＴＢＭ１００は、胴体１１０内に収容可能なエキスカベータ２００（補助掘削機）を備える。上記施工方法は、開放された開口部１２３ａからエキスカベータ２００を前方に突き出した状態で、エキスカベータ２００に取り付けられた削孔装置４００により地山を削孔する削孔工程を含む。それゆえ、削孔装置４００と、削孔装置４００が取り付けられたエキスカベータ２００とを協働させることで、当該削孔作業を効率よく、かつ、精度よく行うことができる。

【００９７】

また本実施形態では、切羽前方に向けて削孔する場合（図１５参照）と、切羽前方以外の方に向けて削孔する場合（図１６及び図１７参照）とで、削孔装置４００のエキスカベータ２００（補助掘削機）に対する向きが異なる。ゆえに、削孔対象に応じて、削孔装置４００の向きの最適化を図ることができる。

【００９８】

また本実施形態によれば、トンネルの施工方法は、開放された開口部１２３ａからエキスカベータ２００（補助掘削機）を前方に突き出した状態で、エキスカベータ２００に取り付けられた吹付装置５００から地山の掘削面にコンクリート又はモルタルを吹き付ける吹付工程を更に含む。この吹付工程は、上記の削孔工程に先立って実施されてもよく、又は、上記の削孔工程の後に実施されてもよい。

【００９９】

以上、好ましい実施形態を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば種々の変形態様を採り得ることは自明である。

【０１００】

また、エキスカベータ２００の腕体を挿通させるカッタヘッド１２０の開口部１２３ａが、面板の取り外しによって開放される構成とすることができ、また、面板１２７ａ～１２７ｃを開閉可能な扉に形成することができ、更に、１つの開閉扉（又は面板）によってサポートフレーム２２０を切羽側に突き出すための開口部及び排土コンベア１８０を切羽側に突き出すための開口部が開放される構成とすることができる。

【０１０１】

また、ＴＢＭ１００は、開閉扉１２３を開閉動作させるための専用のジャッキを備えることができる。

また、ＴＢＭ１００の腕体を切羽側に突き出すための開口部と、排土コンベア１８０を切羽側に突き出すための開口部とが桟部で仕切られた相互に独立した開口部とすることができる。

【０１０２】

また、胴体１１０の後方に配置されるグリッパ装置（リアグリッパ）１３３と共に、胴体１１０の前側にもグリッパ装置（フロントグリッパ）を備えることができる。

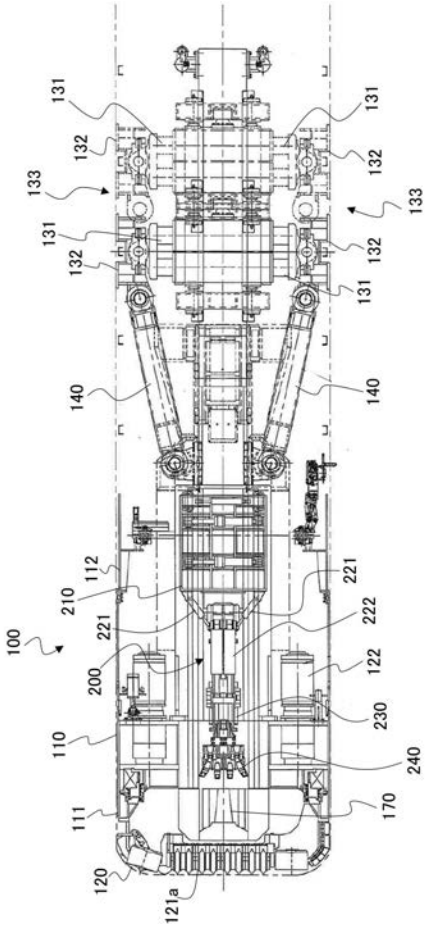
【符号の説明】

【０１０３】

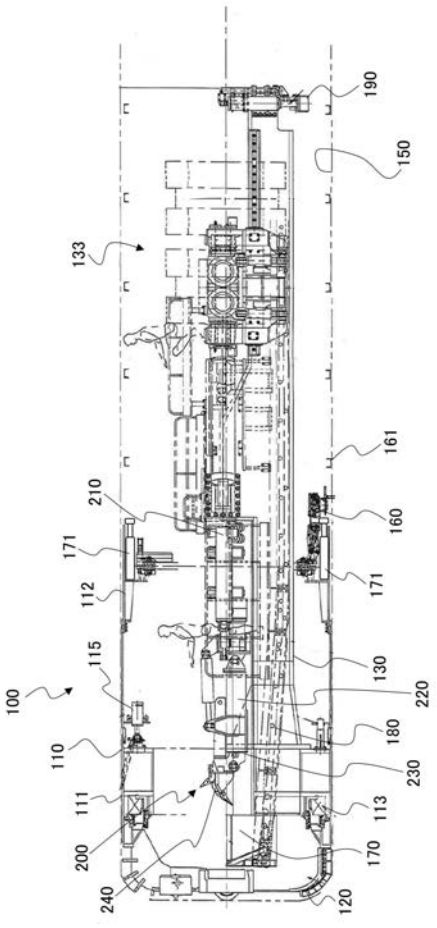
１００…ＴＢＭ（トンネルボーリングマシン、トンネル掘削機）、１１０…胴体、１２０…カッタヘッド、１２２…カッタヘッド駆動モータ、１２３…開閉扉、１２３ａ…開口部、１２８…開口部、１３０…メインビーム、１３２…グリッパ、１３３…グリッパ装置、１３５…レール、１４０…スラストジャッキ、１８０…排土コンベア、１８１…スカー

ト部、２００…エキスカベータ（補助掘削機）、２１０…クランプボックス、２２０…サポートフレーム（腕体）、２３０…ブーム（腕体）、２４０…バケット（作業装置）、３００…アタッチメント（作業装置）、３０１…第１ユニット部、３０２…第２ユニット部、３０３…リンク機構、３０４…屈伸ジャッキ、３０５…ブレーカ（打撃装置）、３１０…バケット、３１１…腕部、３２０…取付金具、３３０…台座部、４００…削孔装置、４０１…ガイドセル、４０２…削孔ユニット、４０３…ドリフタ、４０４…削孔ロッド、４０５…削孔ビット、４０６…セントライザ、４１０，４２０…台座部、５００…吹付装置、５０１…腕部、５０２…ノズル支持部、５０３…ノズルホルダ、５０４…吹付ノズル、５０５…プレート、５０６…中空ブロック体、５０６ａ…開口部、５０７…把持部、５０８…ブロック体、５０９…ボルト、５１０，５１１…軸、Ｐ１，Ｐ２…軸、Ｑ…坑内空間、θ１…角度、θ２…傾斜角

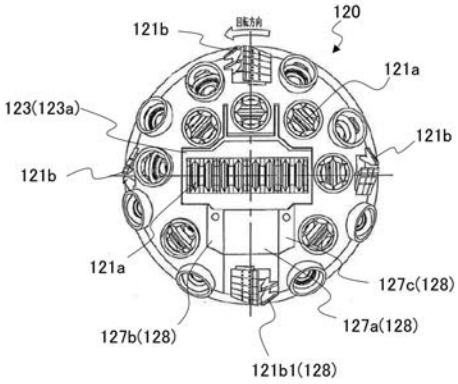
【図１】



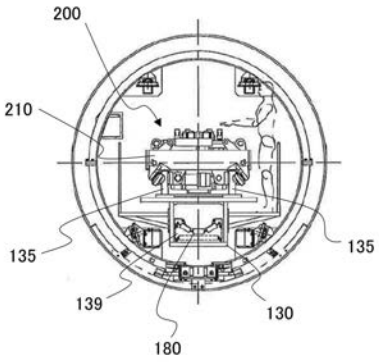
【図２】



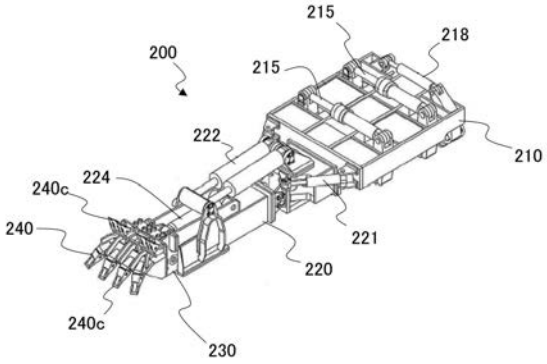
【図３】



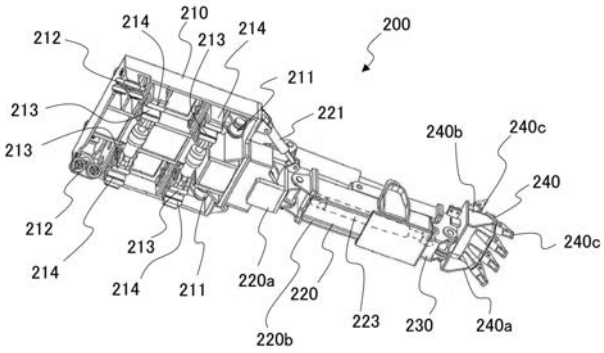
【図４】



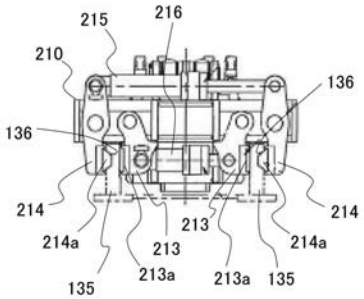
【図５】



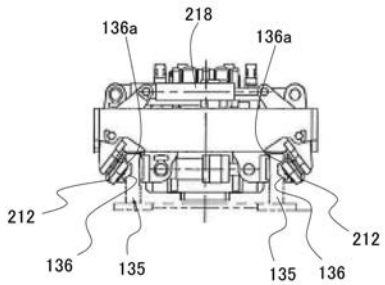
【図６】



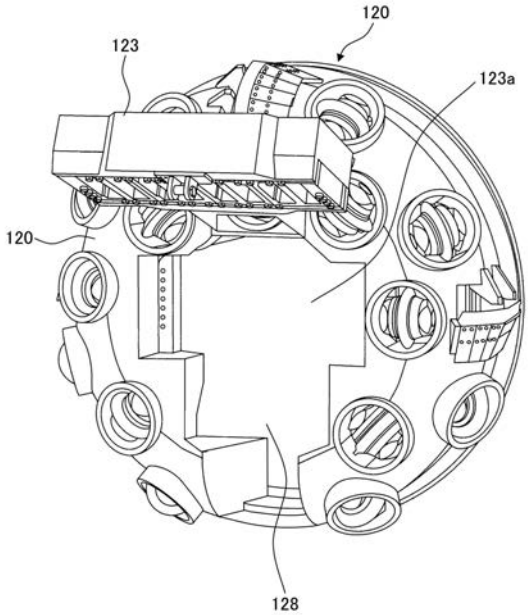
【図７】



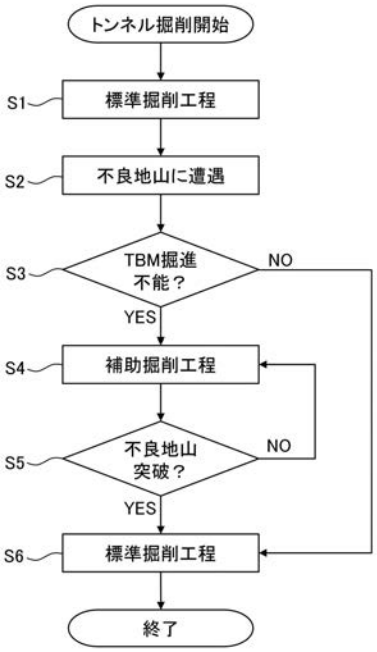
【図８】



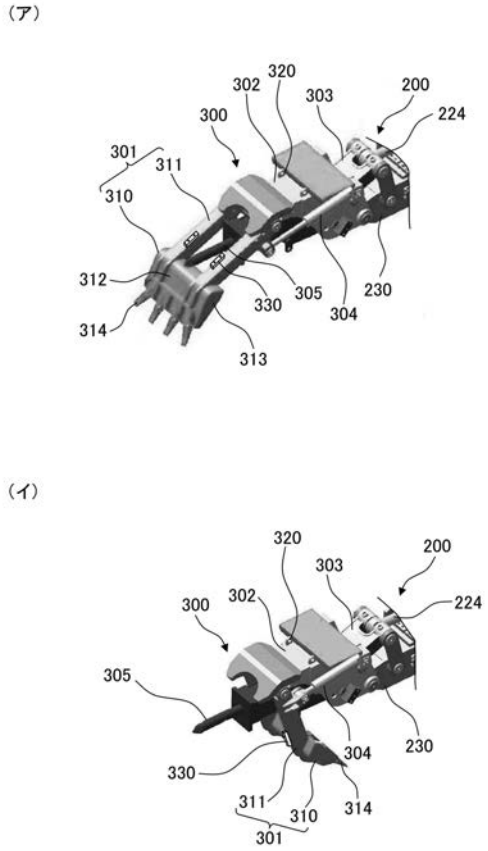
【図９】



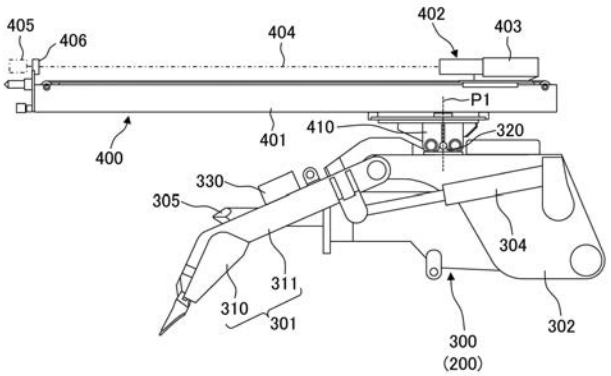
【図１０】



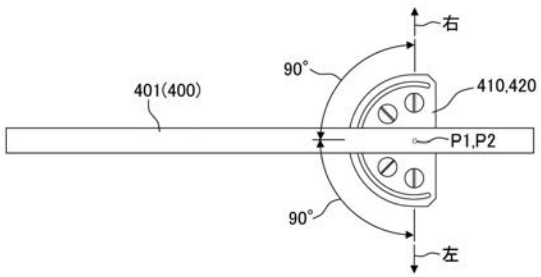
【図１１】



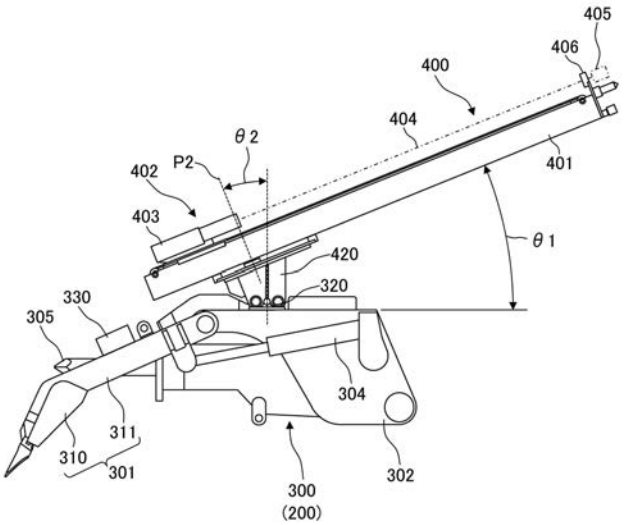
【図１２】



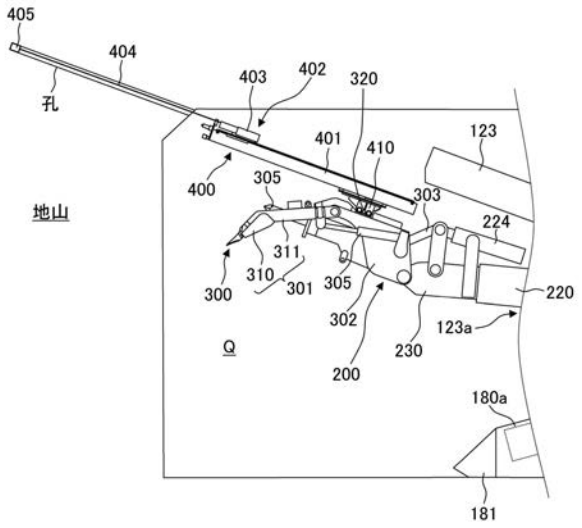
【図１３】



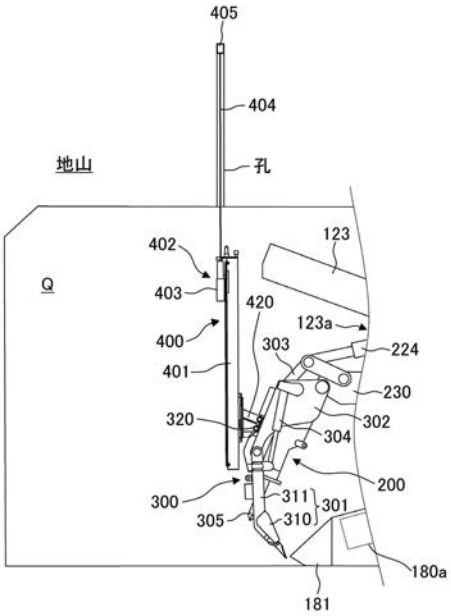
【図１４】



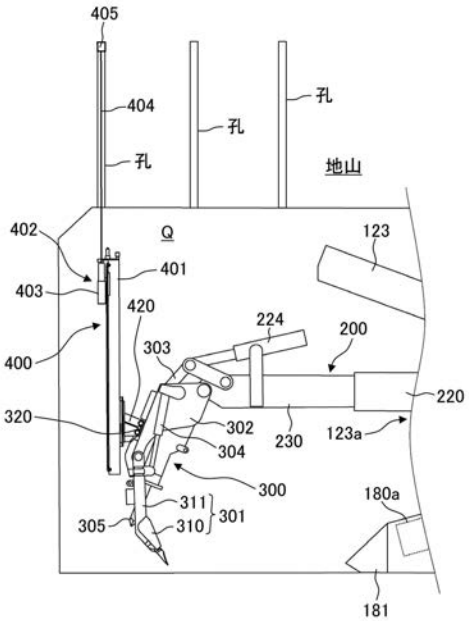
【図１５】



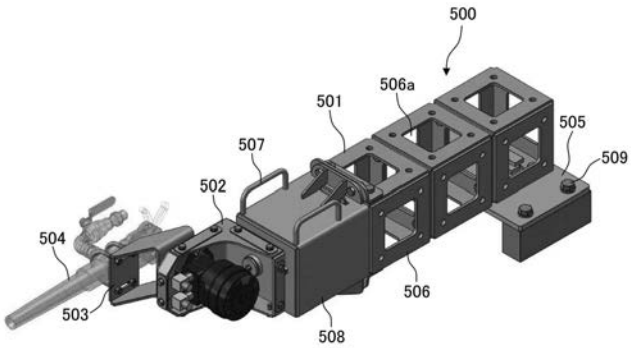
【図１６】



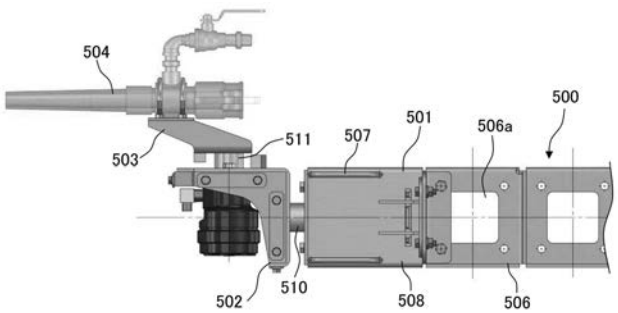
【図１７】



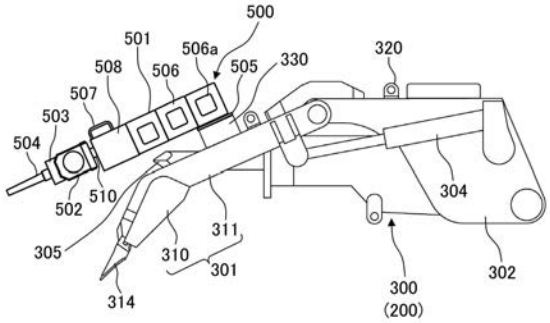
【図１８】



【図１９】



【図２０】


500
501
506a
505
330
320
508
506
507
503
504
502
510
305
311
310
301
314
304
302
300
(200)

フロントページの続き

(74)代理人 100142996
弁理士 森本 聡二
(74)代理人 100166268
弁理士 田中 祐
(74)代理人 100170379
弁理士 徳本 浩一
(74)代理人 100096769
弁理士 有原 幸一
(72)発明者 重永 晃洋
東京都港区元赤坂一丁目３番１号 鹿島建設株式会社内
(72)発明者 西岡 和則
東京都港区元赤坂一丁目３番１号 鹿島建設株式会社内
Ｆターム(参考) 2D054 AC20 BA03 BB04 GA42
2D155 DB01