

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4564908号
(P4564908)

(45) 発行日 平成22年10月20日(2010.10.20)

(24) 登録日 平成22年8月6日(2010.8.6)

(51) Int.Cl.

F 1

E 2 1 D 9/06 (2006.01)

E 2 1 D 9/06 3 1 1 A

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2005-260587 (P2005-260587)	(73) 特許権者	000206211
(22) 出願日	平成17年9月8日(2005.9.8)		大成建設株式会社
(65) 公開番号	特開2007-70938 (P2007-70938A)		東京都新宿区西新宿一丁目25番1号
(43) 公開日	平成19年3月22日(2007.3.22)	(74) 代理人	100064414
審査請求日	平成20年5月8日(2008.5.8)		弁理士 磯野 道造
		(74) 代理人	100111545
			弁理士 多田 悦夫
		(74) 代理人	100129067
			弁理士 町田 能章
		(72) 発明者	金子 研一
			東京都新宿区西新宿一丁目25番1号
			大成建設株式会社内
		(72) 発明者	高見沢 計夫
			東京都新宿区西新宿一丁目25番1号
			大成建設株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 推進函体およびトンネルの構築方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

地中に複数連続して配置されることにより曲線区間と直線区間とを有するトンネルを形成し、少なくとも前記トンネルの切羽部から前記曲線区間の坑口側端部までの間に配置される推進函体であって、

角筒状に形成された鋼製の外殻と、トンネル軸方向に所定の間隔をあけて並設された複数の鋼製の主桁と、隣り合う主桁間においてトンネル軸方向に沿って配置された複数の鋼製の縦リブと、を備えて構成されていて、

切羽側および坑口側に配設された前記主桁には、連結部材を挿通するための挿通孔が複数形成されており、

切羽側および坑口側のいずれか一方の主桁の上下または左右に凹部が形成され、他方の主桁の前記凹部に対応する位置に凸部が形成されて、

前記凸部が、切羽側または坑口側に連続して配置される他の推進函体に形成された凹部に挿入可能で、少なくとも前記凹部との接触面が円弧状であることを特徴とする、推進函体。

【請求項2】

前記凹部と前記凸部が、同一の半径からなる円弧状に形成されており、

前記凹部の深さが該凹部を形成する円弧の半径よりも小さく、かつ、前記凸部の突出長が、前記凹部の深さよりも大きく形成されていることを特徴とする、請求項1に記載の推進函体。

10

20

【請求項 3】

少なくとも前記凹部または前記凸部のいずれか一方の両脇に推力伝達部材が配置されていることを特徴とする、請求項 1 または請求項 2 に記載の推進函体。

【請求項 4】

切羽側または坑口側のいずれか一方の端面からトンネル軸方向に張り出した保護プレートを備えることを特徴とした、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の推進函体。

【請求項 5】

地中に複数連続して配置されることにより曲線区間と直線区間とを有するトンネルを形成し、少なくとも前記トンネルの切羽から前記曲線区間の坑口側端部までの間に配置される推進函体であって、

切羽側および坑口側の端面の上下または左右に、同一の半径からなり、かつ、深さが前記半径よりも小さい円弧状の凹部が形成されていて、

前記凹部と前後に連続する他の推進函体に形成された凹部とに、該凹部と同一の半径からなる円弧を有した回転体を介在させた状態で配置されることを特徴とする、推進函体。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の推進函体を連続して配置することにより曲線区間と直線区間とを有するトンネルを推進工法により構築する方法であって、

連続して配置される一方の推進函体の凹部に他方の推進函体の凸部を挿入した状態で坑口側から押し込み力を付与するとともに、前後に連続する前記推進函体を、弾性ワッシャを介在したボルトにより連結することを特徴とする、トンネルの構築方法。

【請求項 7】

前記凹部と前記凸部とが、前記凸部を垂直方向に貫通するように配置された回転軸を介して連結されていることを特徴とする、請求項 6 に記載のトンネルの構築方法。

【請求項 8】

請求項 5 に記載の推進函体を連続して配置することにより曲線区間と直線区間とを有するトンネルを推進工法により構築する方法であって、

前方に連続して配置された推進函体の後面に形成された凹部と後方の推進函体の前面に形成された凹部に、前記回転体の前記円弧が該凹部に当接するように介在させた状態で坑口側から押し込み力を付与することを特徴とする、トンネルの構築方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、曲線区間を有するトンネルの施工に用いる推進函体と、この推進函体を利用したトンネルの構築方法に関する。

【背景技術】

【0002】

推進工法は、トンネルの覆工となる筒状の推進函体を坑口から順次地中に圧入してトンネルを構築する工法である。なお、推進函体の先端には、刃口や掘進機などが取り付けられている。推進工法の掘進機は、推進函体に反力をとって自ら推進するもの（つまり、推進ジャッキを装備しているもの）でもよいし、推進函体を介して伝達された元押しジャッキの推力により掘進するものであってもよい。

【0003】

このような推進工法によるトンネル施工には、高精度に構築が可能な線形に制限があった。つまり、推進工法により直線と曲線とを組み合わせた路線を構築する場合、各推進函体同士の接合部にソケットを介することにより折れ角を持たせ、掘進機等により形成された掘削孔に追従させている。ところが、ソケットによる曲線の追従は、想定通りとは限らず、必ずしも高精度に構築することができない場合があった。また、曲率が大きい場合には、追従しにくい場合があるという問題点も有していた。

【0004】

そのため、特許文献 1 には、図 10 に示すように、前端面 111 に、横幅方向を垂直に

10

20

30

40

50

約3等分して、左右両側の垂直部分を後方に向けて斜めのテーパ部113, 113に、この左右のテーパ部の間に位置する中央の垂直部分を後端面112と平行な平行部114に形成した推進函体110が開示されている。この推進函体110を利用することにより、直線区間においては中央の平行部114を前方の推進函体110の後端面112に当接させて推力を伝達し、曲線区間においては左右いずれか一方のテーパ部113を前方の推進函体110の後端面112に当接させて推力を伝達して、直線と曲線とを組み合わせた線形を有するトンネルを可能としている。

【特許文献1】特開2001-073687号公報（[0032]、図4）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところが、前端面111にテーパ部113が形成された推進函体110を利用したトンネルの構築は、一定の曲線半径からなるカーブを有したトンネルの施工には有効であるが、それぞれ異なる曲率からなる複数のカーブを有したトンネルや、クロソイド曲線のように曲線半径が変化する複雑な線形を有したトンネル等においては、対応することができないという問題点を有していた。

つまり、従来の推進函体110のテーパ部113は、所定の曲率半径に対応して形成されているため、異なる曲率半径の曲線区間を通過させる際には、推進函体110の前端面111のいずれか一方の角部111aまたはテーパ部113と平行部114との角部111bの一点において推力を負担することになる。このため、推進函体110においては角部111a, 111bが破損しやすい。また、前方の推進函体110に対して面接触とならないことから効率的な施工ができない場合や、推進函体110にずれが生じる場合等があった。

【0006】

また、掘進機等により形成された掘削孔を追従して推進する際に、さまざまな原因により推進函体110が必ずしも所望の曲率で推進されとは限らず、このような場合においても、前記と同様に、推進函体110が破損する場合があった。

【0007】

本発明は、前記の問題点を解決するためになされたものであり、線形の変化に柔軟に対応することが可能な推進函体と、この推進函体を利用したトンネルの構築方法を提案することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、地中に複数連続して配置されることにより曲線区間と直線区間とを有するトンネルを形成し、少なくとも前記トンネルの切羽部から前記曲線区間の坑口側端部までの間に配置される推進函体であって、角筒状に形成された鋼製の外殻と、トンネル軸方向に所定の間隔をあけて並設された複数の鋼製の主桁と、隣り合う主桁間においてトンネル軸方向に沿って配置された複数の鋼製の縦リブと、を備えて構成されていて、切羽側および坑口側に配設された前記主桁には、連結部材を挿通するための挿通孔が複数形成されており、切羽側および坑口側のいずれか一方の主桁の上下または左右に凹部が形成され、他方の主桁の前記凹部に対応する位置に凸部が形成されて、前記凸部が、切羽側または坑口側に連続して配置される他の推進函体に形成された凹部に挿入可能で、少なくとも前記凹部との接触面が円弧状であることを特徴としている。

【0009】

かかる推進函体は、前後の端面にそれぞれ凹部と凸部とが形成されているため、前後に連続する他の推進函体の凹部または凸部に連結した状態で施工を行えば、曲線区間において前後の推進函体が異なる方向を向いていても、推進力を伝達することが可能となる。このため、この推進函体によれば、線形の変化に柔軟に対応することができるので、トンネルの線形が複雑であっても容易かつ高精度にトンネルを構築することが可能となる。ここ

10

20

30

40

50

で、凹部および凸部は、例えば、曲線区間が横（左右）方向に曲がる場合は推進函体の上下面、縦（上下）方向に曲がる場合は推進函体の左右面に形成するものとする。

【0010】

また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の推進函体であって、前記凹部と前記凸部が、同一の半径からなる円弧状に形成されており、前記凹部の深さが該凹部を形成する円弧の半径よりも小さく、かつ、前記凸部の突出長が、前記凹部の深さよりも大きく形成されていることを特徴としている。

【0011】

かかる推進函体は、曲線区間の曲線線形に応じて前後に連続する他の推進函体の角度が変化した場合でも、常に凹部の内周面に凸部の外周面が当接した状態となり、押し込み力をこの当接面を介して伝達するため、応力が集中することにより推進函体が破損することがない。また、凹部の深さよりも凸部の突出長が大きいため、前後に連続する推進函体同士の間、所定の間隔が形成されて、推進函体同士が接触することにより、曲線線形の追従の妨げとなることがない。

【0012】

また、請求項3に記載の発明は、請求項1または請求項2に記載の推進函体であって、少なくとも前記凹部または前記凸部のいずれか一方の両脇に推力伝達部材が配置されていることを特徴としている。

【0013】

かかる推進函体は、凹部と凸部との接触面に加えて、推力伝達部材により押し込み力の伝達を可能としているため、より効率的である。

【0014】

また、請求項4に記載の発明は、請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の推進函体であって、切羽側または坑口側のいずれか一方の端面からトンネル軸方向に張り出した保護プレートを備えることを特徴としている。

【0015】

かかる推進函体によれば、前後に連続する推進函体同士の隙間を一方の推進函体の端面から張り出した保護プレートにより覆うため、土砂や地下水等がトンネルの内部に浸入することを防止する。

【0016】

また、請求項5に記載の発明は、地中に複数連続して配置されることにより曲線区間と直線区間とを有するトンネルを形成し、少なくとも前記トンネルの切羽から前記曲線区間の坑口側端部までの間に配置される推進函体であって、切羽側および坑口側の端面の上下または左右に、同一の半径からなり、かつ、深さが前記半径よりも小さい円弧状の凹部が形成されていて、前記凹部と前後に連続する他の推進函体に形成された凹部とに、該凹部と同一の半径からなる円弧を有した回転体を介在させた状態で配置されることを特徴としている。

【0017】

かかる推進函体によれば、前後に連続する推進函体の凹部に介在させた回転体を軸として、推進函体を回転させることが可能なため、曲線区間と直線区間とを含む複雑な線形による施工を推進工法により行うことが可能となる。また、回転体を、凹部と同一の半径からなる円弧部分を推進函体の凹部に当接するように配置することで、押し込み力が一点に集中することがなく、推進函体が破損することがないため、好適である。

【0018】

また、請求項6に記載の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の推進函体を連続して配置することにより曲線区間と直線区間とを有するトンネルを推進工法により構築する方法であって、連続して配置される一方の推進函体の凹部に他方の推進函体の凸部を挿入した状態で坑口側から押し込み力を付与するとともに、前後に連続する前記推進函体を、弾性ワッシャを介在したボルトにより連結することを特徴としている。

【0019】

かかるトンネルの構築方法は、凹部に挿入された凸部の凹部との当接面が、円弧状に形成されているため、曲線区間を有するトンネルの施工に関して、前後に連続して配置された推進函体の当接面が推進函体の回転を妨げることがなく、曲線区間と直線区間を有した線形からなるトンネルの施工を容易かつ高精度に行うことを可能としている。また、凹部と凸部とを噛み合わせた状態で施工を行うため、推進中に連続する推進函体がずれることがない。

【0020】

また、請求項7に記載の発明は、請求項6に記載のトンネルの構築方法であって、前記凹部と前記凸部とが、前記凸部を垂直方向に貫通するように配置された回転軸を介して連結されていることを特徴としている。

10

【0021】

かかるトンネルの構築方法は、回転軸により、推進函体を回転可能に連続して配置するため、曲線区間と直線区間を有した線形からなるトンネルの施工を容易かつ高精度に行うことを可能としている。

【0022】

また、請求項8に記載の発明は、請求項5に記載の曲線区間と直線区間とを有するトンネルを推進工法により構築するトンネルの構築方法であって、前方に連続して配置された推進函体の後面に形成された凹部と後方の推進函体の前面に形成された凹部に、前記回転体の前記円弧が該凹部に当接するように介在させた状態で坑口側から押し込み力を付与することを特徴としている。

20

【0023】

かかるトンネルの構築方法によれば、前後の推進函体が回転体に沿って回転するため、曲線区間と直線区間を有した線形からなるトンネルの施工を容易かつ高精度に行うことを可能とするとともに、推進力の伝達を集中させることなく回転体と凹部との設置面により行うため推進函体の破損を防止することができる。

【0025】

前後に連続する推進函体を、弾性ワッシャを介在したボルトにより連結すれば、弾性ワッシャが曲線区間における推進函体の隙間の伸縮を吸収するため、前後に配置される推進函体の角度が変化するとともにボルトを緩めたり締め付けたりする作業を省略することを可能とするため、施工性に優れている。

30

【発明の効果】

【0026】

本発明の推進函体およびこの推進函体を利用したトンネルの構築方法によれば、線形の変化に柔軟に対応したトンネルの構築を容易に行うことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の好適な実施の形態について、図面を参照して説明する。なお、説明において、同一要素には同一の符号を用い、重複する説明は省略する。

ここで、図1は、本発明の好適な実施形態に係るトンネルの概略を示す平面図である。

【0028】

40

なお、各実施形態では、図1に示すように、複数の曲線区間と直線区間とを有する線形のトンネルTについて推進施工により構築を行う場合について、その推進函体とトンネルの構築方法について説明する。より詳しくは、第一直線区間A1、第一曲線区間B1、第二直線区間A2、第二曲線区間B2、第三直線区間A3を有した、複数の直線区間と、複数の曲線区間とを有したトンネルTを施工する場合について説明する。

【0029】

ここで、第一曲線区間B1と第二曲線区間B2は、それぞれ異なる方向にカーブする区間とする。以下、「第一直線区間A1」と「第二直線区間A2」と「第三直線区間A3」とを区別しない場合は、単に「直線区間A」と称する場合がある。同様に、「第一曲線区間B1」と「第二曲線区間B2」とを区別しない場合は、単に「曲線区間B」と称する場

50

合がある。

なお、トンネルTの線形は、上記に示した線形に限定されないことはいうまでもない。

【0030】

＜第1の実施の形態＞

以下、第1の実施の形態について説明する。

図2は、第1の実施の形態にかかる推進函体を示す斜視図である。また、図3は、同推進函体を示す図であって、(a)は連結状況を示す平面図、(b)は部分斜視図である。また、図4の(a)は、同推進函体の正面図、(b)は、拡大断面図である。

【0031】

トンネルTは、図1に示すように、複数の推進函体10, 10, …を推進工法により地中に連続して配置することにより形成される。つまり、掘進機Mにより地中を削孔しつつ、坑口Eに配置された元押しジャッキJの押し込み力により、推進函体10を地中に押し込むことにより形成される。

なお、掘進機Mは、必要に応じて使用するものであり、掘進機Mを要することなく、元押しジャッキJのみによるトンネルTの施工が可能であれば、使用しなくてもよい。また、掘進機Mは、公知の掘進機から選定して使用すればよく、その形式や形状等は限定されないことはいうまでもない。同様に元押しジャッキJも、公知の元押しジャッキから選定して使用すればよく、その形式や形状等は限定されない。また、必要に応じて中押しジャッキを配置してもよいことはいうまでもない。

【0032】

第1の実施の形態に係る推進函体10は、図2に示すように、角筒状に形成された外殻11と、トンネルTの軸方向に所定の間隔をあけて並設された複数の主桁12, 12, …と、隣り合う主桁12, 12, …間においてトンネルTの軸方向に沿って配置された複数の縦リブ13, 13, …とを備えて構成されている。そして、前後に連続する推進函体10, 10は、連結手段20を介して連結されている。なお、推進函体10の形状は、角筒状に限定されるものではないことはいうまもなく、例えば円筒状やその他の多角形断面に形成されていてもよい。

【0033】

推進函体10の坑口E側の端面に配置された主桁12（以下、「坑口側主桁12a」という場合がある）の上下の辺には凹部14が形成されており、切羽F側の端面に配置された主桁12（以下、「切羽側主桁12b」という場合がある）の凹部14に対応する位置に凹部14に挿入可能で円弧状の凸部15が形成されている。つまり、図1に示す水平方向に屈折する曲線区間Bの曲線線形に対応して、前後に連続した推進函体10の水平方向の回転が可能となるように、推進函体10の端面の上下に凹部14と凸部15が形成されている。

【0034】

外殻11は、複数の主桁12, 12, …を覆うように形成された複数毎のスキンプレーートを溶接により接合することで形成されており、全体として、断面矩形を呈している。つまり、長方形のスキンプレーートを、上下左右で組み合わせることにより角筒状に形成されている。

【0035】

主桁12は、鋼材を矩形状に組み合わせることにより形成されており、地中に配置された状態で、トンネルTに作用する外力（土圧、地下水圧等）に対して十分な耐力を有している。第1の実施の形態では、1体の推進函体10に対して4つの主桁12, 12, …を配置するものとする。

【0036】

なお、主桁12を形成する鋼材は限定されるものではなく、H形鋼、L形鋼、溝形鋼、鋼管等、あらゆる公知の鋼材を使用することが可能であるが、第1の実施の形態では、鋼板を使用するものとする。また、第1の実施の形態では、鋼材を組み合わせることにより矩形状の主桁12を形成するものとしたが、例えば矩形状の平鋼板の内側部分を切り取る

10

20

30

40

50

ことにより構成しても良く、その形成方法は限定されるものではない。また、1体の推進函体10に対して4つの主桁12, 12, …を設置するものとしたが、主桁12の数量が限定されないことはいうまでもない。

【0037】

また、4つの主桁12, 12, …のうち、最後部（坑口E側）の坑口側主桁12aと最前部（切羽F側）の切羽側主桁12bには、後記する連結手段20を設置するための挿通孔12hが、所定の間隔で複数個所形成されている。なお、挿通孔12hの形状および数量は、連結手段20の形状や強度等に応じて決定するものであり、適宜設定すればよい。また、連結手段20の形式によっては、挿通孔12hが形成されないことはいうまでもない。

10

【0038】

図2に示すように、坑口側主桁12aの上下の辺の中央部には、切羽F方向に窪んだ円弧状の凹部14が形成されている。また、切羽側主桁12bの上下の辺の中央部には、切羽F方向に突出した円弧状の凸部15が形成されている。凹部14および凸部15は、それぞれ鋼板からなる坑口側主桁12aおよび切羽側主桁12bの上下の辺の中央部を円弧状に加工する（湾曲させる）ことにより形成されている。

【0039】

図3(a)に示すように、凹部14と凸部15は、同一の半径からなる円弧状に形成されており、凹部14の深さH1が凹部14を形成する円弧の半径よりも小さく、かつ、凸部15の突出長H2が、凹部14の深さH1よりも大きく形成されている。つまり、凹部14の弧長C1は、凸部15の弧長C2よりも短く形成されている。

20

【0040】

なお、第1の実施の形態では、坑口側主桁12aに凹部14を、切羽側主桁12bに凸部15を形成するものとしたが、これに限定されるものではなく、坑口側主桁12aに凸部15を、切羽側主桁12bに凹部14を形成してもよい。

また、凹部14および凸部15の形成方法は、前記の方法に限定されるものではなく、適宜公知の方法により形成すればよい。例えば、円弧状の鋼材を切羽側主桁12bに接合することにより凸部15を形成し、坑口側主桁12aの凸部15に対応する位置に開口部を設け、この開口部の切羽側に円弧状の鋼材を取り付けて凹部14を形成してもよい。

【0041】

30

推進函体10の両端面（坑口側主桁12aおよび切羽側主桁12b）に、図3(b)および図4に示すように、優れた止水性を確保することを目的として、伸縮性を有したシール材24を配置する。

ここで、推進函体10同士の連結部における止水は、シール材24の配置に限定されるものではなく、適宜公知の止水手段から選択して行えばよい。また、必要な止水性の確保が可能であれば、シール材24を省略してもよいことはいうまでもない。また、シール材24の設置箇所は推進函体10の端面に限定されるものではなく、例えば、保護プレート17の内空面に配置することにより、内挿される推進函体10の外周において止水する構成としてもよい。また、シール材24としては、例えばガスケット等を使用することが可能であるが、シール材を構成する材料は限定されるものではなく、適宜公知の材料から選

40

【0042】

なお、曲線区間Bにおける推進函体10の角度の変化が、シール材24の伸縮性能以上の場合や、シール材24により推進函体10の回転が妨げられる場合は、凹部14および凸部15へのシール材24の配置を省略する。

【0043】

図2および図3に示すように、凸部15の両脇には、推力伝達部材16が配置されている。推力伝達部材16は、例えばバネ等の弾性部材からなり、曲線区間Bにおいて、前後に隣接する推進函体10, 10の間隔に応じて伸縮するとともに、推進力を伝達するものである。なお、第1の実施の形態では、凸部15の両脇に推力伝達部材16を配置するも

50

のとしたが、推力伝達部材 1 6 の設置箇所は限定されるものではなく、例えば、凹部 1 4 の両脇や凹部 1 4 および凸部 1 5 の両脇に設置するなど、適宜設定すればよい。なお、推力伝達部材 1 6 を構成する材料はバネ等の弾性部材に限定されるものではなく、例えばポリスチレン等、塑性領域の広い樹脂系材料も使用可能であり、適宜公知の材料から選定して使用すればよい。

【0044】

縦リブ 1 3 は、隣り合う主桁 1 2、1 2 の間に配置されて、主桁 1 2 同士の間隔を保持するとともに、推進時に作用する軸力に対して、十分な耐力を発現するように構成されている。

なお、第 1 の実施の形態では、縦リブ 1 3 として、主桁 1 2 と同種の鋼板を使用するものとするが、縦リブ 1 3 を構成する材料は限定されるものではなく、H 形鋼、L 形鋼、溝形鋼、鋼管等、あらゆる公知の鋼材を使用することが可能である。また、縦リブ 1 3 の数量は限定されるものではないことはいうまでもない。また、凹部 1 4 に対応する位置に配置された縦リブ 1 3 a は、凹部 1 4 の深さ H 1 の分長さが短く形成されており、凸部 1 5 に対応する位置に配置された縦リブ 1 3 b は、凸部 1 5 の突出長 H 2 の分長さが長く形成されている。

【0045】

推進函体 1 0 には、その外周に配置されて、切羽 F 側の端面から張り出した保護プレート 1 7 を備えている。なお、保護プレート 1 7 は、坑口 E 側の端面から張り出すように配置してもよいことはいうまでもない。

【0046】

保護プレート 1 7 は、図 2 に示すように、外殻 1 1 の切羽側周囲に配置されて、凸部 1 5 よりも突出するように、切羽側に張り出している。なお、保護プレート 1 7 の突出長は、限定されるものではなく、前後に連続して配置された推進函体 1 0、1 0 の間に形成された隙間 S を覆うことが可能となるように形成されていればよい。

【0047】

保護プレート 1 7 は、上下に配設される横鋼板 1 7 a、1 7 a と、トンネル T の左右に配設される縦鋼板 1 7 b、1 7 b とにより角筒状に形成されている。

保護プレート 1 7 の設置は、トンネル T の上下に配設された横鋼板 1 7 a、1 7 a と左右に配設された縦鋼板 1 7 b、1 7 b とを溶接により一体に接合して角筒状に形成した後、外殻 1 1 の外周に設置することにより行う。

【0048】

なお、保護プレート 1 7 の設置方法や構成は前記のものに限定されるものではなく、適宜設定すればよい。例えば、曲線区間 B の曲線半径が小さく曲率が大きい場合、つまり、前後に配置される推進函体 1 0 同士の角度が小さい場合は、横鋼板 1 7 a、1 7 a と縦鋼板 1 7 b、1 7 b を接合する必要はなく、それぞれ個別に外殻 1 1 に設置してもよい。この構成により曲線線形により、前方の推進函体 1 0 が後方の推進函体 1 0 の保護プレート 1 7 に接する場合でも、縦鋼板 1 7 b が押し広げられるため、保護プレート 1 7 が推進函体 1 0 の接続の妨げとなることがない。

【0049】

連結手段 2 0 は、図 4 (b) に示すように、前後に隣接する推進函体 1 0、1 0 の主桁 1 2、1 2 同士（前側の推進函体 1 0 の坑口側主桁 1 2 a と後側の推進函体 1 0 の切羽側主桁 1 2 b）を連結するものであり、両主桁 1 2、1 2 の周方向において互いに対抗する位置に所定の間隔で複数本配置されている。つまり、連結手段 2 0 は、前後に隣接する推進函体 1 0、1 0 の坑口側主桁 1 2 a および切羽側主桁 1 2 b にそれぞれ予め形成された挿通孔 1 2 h を挿通して坑口側主桁 1 2 a と切羽側主桁 1 2 b を跨ぐように配置されている。

【0050】

第 1 の実施の形態に係る連結手段 2 0 は、挿通孔 1 2 h を一方（第 1 の実施の形態では切羽 F 側）から挿通するボルト 2 1 と、ボルト 2 1 に他方（第 1 の実施の形態では坑口 E

10

20

30

40

50

側)から螺合されるナット22により構成されている。そして、ボルト21の頭部と切羽側主桁12bとの間には、弾性ワッシャ23が介在されている。なお、連結手段20の構成は、前記のものに限定されないことはいうまでもない。

【0051】

また、図4(b)に示すように、坑口側主桁12aおよび切羽側主桁12bには互いの対向する面の外周側(地山側)にそれぞれ伸縮性のシール材24が設置されており、推進函体10、10を連結した状態で、互いのシール材24、24が密着するように構成されている。なお、シール材24は、坑口側主桁12aまたは切羽側主桁12bのいずれか一方に設置されて、連続する他の推進函体10に当接することで接合部をシールする構成としてもよい。

10

【0052】

次に、第1の実施の形態にかかるトンネルTの構築方法について、図面を参照して説明する。

【0053】

トンネルTは、図1に示すように、地山を切削する掘進機Mと、掘進機Mの後方から掘進機Mにより切削された掘削孔に推進函体10を押し込む元押しジャッキJとにより構築する。

【0054】

各推進函体10は、前方の推進函体10の凹部14に、凸部15を挿入した状態で元押しジャッキJの推進力により地中に押し込まれる。この時、凸部15の弧長C2は、凹部14の弧長C1よりも長く形成されているため、図3(a)に示すように、前後に連続する推進函体10の間には隙間Sが形成される。

20

【0055】

坑口Eの元押しジャッキJによる推進力は、後方の推進函体10の凸部15および推力伝達部材16を介して前方の推進函体10へと伝達される。ここで、凹部14と凸部15とは同一の半径により形成されているため、凸部15は凹部14の弧長C1全延長により当接しており、この当接面を介して推進力が伝達される。また、推力伝達部材16も弾性部材により構成されているため、推力伝達部材16の全面積により推進力を伝達する。つまり、第1の実施の形態の推進函体10によれば、推進函体10の端面の上下の辺それぞれにおいて、凹部14の面積と凸部15の両脇に配置された推力伝達部材16、16の面積により推進力を伝達する。

30

【0056】

この時、推進函体10の保護プレート17が、直前に隣接する推進函体10の後部を内挿した状態で配置されている。

【0057】

図1に示すように、第一直線区間A1では、前後に連続する推進函体10、10は、その側面が直線をなすように配置されており、互いの隙間Sは左右とも等間隔となっている。

【0058】

図1に示すように、第一直線区間A1において直線に推進された推進函体10、10は、第一曲線区間B1において、右に折れ曲がりながら押し込まれる。つまり、前方の推進函体10の凹部14が後方の推進函体10の凸部15に沿った状態で、前方の推進函体10が回転することで推進される。

40

【0059】

この時、第一曲線区間B1において前後に連続する推進函体10、10は、互いの接合部に曲線線形内側(右側)が狭く、曲線線形外側(左側)が広い隙間Sを形成しながら押し込まれる。なお、凸部15は、凹部14の半径と同一の半径で、凹部14の弧長C1よりも長い弧長C2を有した状態で形成されているため、前後の推進函体10、10の角度が変化した場合でも、凹部14の弧長C1の全延長に渡って当接した状態を維持する。そのため、第一曲線区間B1においても、第一直線区間A1と同等の推進力の伝達性能を有

50

している。

【0060】

第一曲線区間B1を通過後の第二直線区間A2は、第一直線区間A1と同様に、前後に連続する推進函体10、10は、その側面が直線をなすように配置されており、互いの隙間Sは左右とも等間隔となっている。

【0061】

第二直線区間A2通過後の第二曲線区間B2では、推進函体10、10は、左に折れ曲がりながら押し込まれる。つまり、前方の推進函体10の凹部14が後方の推進函体10の凸部15に沿った状態で、前方の推進函体10が回転することで推進される。

【0062】

この時、第二曲線区間B2において前後に連続する推進函体10、10は、互いの間に、曲線線形内側（左側）が狭く、曲線線形外側（右側）が広い隙間Sを形成しながら押し込まれる。なお、凸部15は、凹部14の半径と同一の半径で、凹部14の弧長C1よりも長い弧長C2を有した状態で形成されているため、前後の推進函体10、10の角度が変化した場合でも、凹部14の弧長C1の全延長に渡って当接した状態を維持する。そのため、第二曲線区間B2においても、第一直線区間A1、第一曲線区間B1、第二直線区間A2と同等の推進力の伝達性能を有している。

【0063】

第二曲線区間B2を通過後の第三直線区間A3は、第一直線区間A1、第二直線区間A2と同様に、前後に連続する推進函体10、10は、その側面が直線をなすように配置されており、互いの隙間Sは左右とも等間隔となっている。

【0064】

以上、第1の実施の形態に係る推進函体10およびこれを利用したトンネルの構築方法によれば、推進工法にて直線区間Aと曲線区間Bとを有する等、線形が複雑な場合であっても、容易かつ高精度に構築することが可能となる。

【0065】

つまり、前後に連続する推進函体10同士の接合面、つまり、後方（元押しジャッキJ）からの押し込み力を伝達する面（凹部14および凸部15）が、円弧状に形成されているため、曲線区間Bにおいて、前後の推進函体10、10の角度が変化しても、直線区間Aと同様の推力の伝達能力を発揮することを可能としている。

【0066】

また、凹部14および凸部15が円弧状に形成されていることにより、曲線区間Bの角度の変化を追従することができる。つまり、例えば、曲線半径が徐々に変化するクロソイド曲線を有する線形や、異なる曲線半径からなる曲線区間を複数有する線形のトンネルの施工も可能としている。

【0067】

また、凹部14および凸部15が、同一半径の円弧状に形成されているため、曲線線形に応じて前後の推進函体10、10の角度が変化した場合でも、常に面で力を伝達する。そのため、応力が一点に集中することにより推進函体10が破損することがない。

【0068】

また、凸部15の弧長C2は、凹部14の弧長C1よりも長く形成されている、つまり、凸部15の突出長H2は凹部14の深さH1よりも長く形成されているため、前後に配置される推進函体10同士の間には、所望の隙間Sが形成されて、曲線区間Bにおいて、前後の推進函体10、10の角度が変化する場合に、推進函体10同士が接触することで、その角度が制限されることがない。

【0069】

また、凹部14および凸部15の当接面に加えて、凸部15の両脇に配設された推力伝達部材16により推進力を伝達するため、凹部14および凸部15に応力が集中することにより凹部14または凸部15が破損することを防止できる。

【0070】

10

20

30

40

50

推力伝達部材 16 は、弾性部材により構成されているため、曲線区間 B における推進函体 10, 10 の角度の変化に応じて隙間 S の幅が変化しても、それに追従して、推進力を伝達することを可能としている。

【0071】

推進函体 10 は、前後に連続する推進函体 10, 10 の接合部に形成される隙間 S を覆うように張り出した保護プレート 17 を備えているため、この隙間 S から土砂や地下水がトンネル T 内に浸入することを防止して、止水性に優れたトンネル T の構築を可能としている。

【0072】

また、保護プレート 17 を、上下の横鋼板 17a, 17a と側面の縦鋼板 17b, 17b とを分離した状態で形成すれば、曲線区間 B において、前後に隣接する推進函体 10, 10 の角度が鋭角な場合、つまり、曲線区間 B の曲率が大きい場合でも、推進函体 10 の側面により縦鋼板 17b を押し広げることで推進函体 10 同士の連結を妨げることがなく、所望の曲線線形を有したトンネル T の構築を可能としている。

【0073】

前後に連続する推進函体 10, 10 の接合面には、シール材 24 が外周側（地山側）に配置されているため、さらに止水性にすぐれたトンネル T が構築される。

【0074】

前後に連続する推進函体 10, 10 を連結する連結手段 20 は、弾性ワッシャ 23 を介在したボルト 21 とナット 22 により構成されているため、弾性ワッシャ 23 が曲線区間 B における隙間 S の変化を吸収するため、ボルト 21 を緩めたり締めたりすることなく、トンネル T の線形の変化に追従した施工を行うことを可能としている。

【0075】

なお、前記実施形態では、坑口側主桁 12a および切羽側主桁 12b を加工（湾曲）することにより主桁 12 の高さと同じ高さ（厚み）を有した凹部 14 および凸部 15 を形成するものとしたが、図 5 に示すように、坑口側主桁 12a および切羽側主桁 12b にそれぞれ主桁 12 の高さよりも高さの小さい（薄い）凹部 14' および凸部 15' を形成してもよい。これにより、凹部 14' および凸部 15' の外周側（地山側）にシール材 24 を設置するスペースを確保して、より優れた止水性能を確保することが可能となる。また、この構成によれば、止水性に優れているため、保護プレート 17 の省略も可能となり、経済的である。なお、この場合において、凹部 14' の形成方法は限定されるものではなく、例えば、坑口側主桁 12a の凹部 14' に対応する部分を切断した後、円弧状の鋼材を設置する方法や、熱押形鋼により予め形成する方法等により行うなど、適宜公知の手段から選定して行えばよい。また、凸部 15' の形成方法も同様に限定されるものではなく、例えば、切羽側主桁 12b の所定箇所に円弧状の鋼板を接合する方法や、熱押形鋼により予め形成する方法等により行うなど、適宜公知の手段から選定して行えばよい。

【0076】

<第 2 の実施の形態>

つぎに、第 2 の実施の形態について説明する。

第 2 の実施の形態は、図 1 に示す直線区間 A と曲線区間 B とを有するトンネル T について、図 6 に示す推進函体 30 を利用して構築する場合について説明する。

ここで、図 6 は、第 2 の実施の形態にかかる推進函体を示す斜視図である。また、図 7 は、同推進函体を示す図であって、(a) は連結状況を示す平面図、(b) は部分斜視図である。

【0077】

トンネル T は、複数の推進函体 30, 30, … を推進工法により地中に連続して配置することにより形成される。つまり、掘進機 M により地中を削孔しつつ、坑口 E に配置された元押しジャッキ J の押し込み力により、推進函体 30 を地中に押し込むことにより形成される（図 1 参照）。ここで、掘進機 M および元押しジャッキ J は、第 1 の実施の形態と同様に、適宜公知のものを使用すればよい。

【0078】

第2の実施の形態に係る推進函体30は、図6に示すように、角筒状に形成された外殻31と、トンネルTの軸方向に所定の間隔をあけて並設された複数の主桁32、32、…と、隣り合う主桁32、32、…間においてトンネルTの軸方向に沿って配置された複数の縦リブ33、33、…とを備えて構成されている。なお、推進函体30の形状は、角筒状に限定されるものではないことはいうまでもなく、例えば円筒状やその他の断面多角形状に形成されていてもよい。

【0079】

推進函体30の坑口E側および切羽F側の両端面に配置された主桁32、32（以下、それぞれ「坑口側主桁32a」および「切羽側主桁32b」という場合がある）の上下面には、同一の半径からなる円弧状の凹部34、34が形成されている。つまり、図1に示す水平方向に屈折する曲線区間Bの曲線線形に対応して、推進函体30の水平方向の回転が可能となるように、推進函体30の上下に凹部34、34が形成されている。そして、推進函体30は、前後に配置された推進函体30、30の互いに対向する凹部34、34に、凹部34と同一の半径からなる平面視円形の回転体35を介在させた状態で地中に配置される（図7（a）参照）。

10

【0080】

推進函体30の外殻31の構成は、第1の実施の形態で示した外殻11の構成と同様のため、詳細な説明は省略する。

【0081】

20

図6および図7に示すように、坑口側主桁32aと切羽側主桁32bとの上下の辺の中央部には、それぞれ平面視略半円状の凹部34、34、…が形成されている。

【0082】

図7（b）に示すように、凹部34は、坑口側主桁32aまたは切羽側主桁32bに後記する回転体35が挿入された開口部34aを形成し、この開口部34aの背面（坑口側主桁32aの切羽F側の面または切羽側主桁32bの坑口E側の面）に平面視略半円状の回転体受34bを配置することにより構成されている。

【0083】

回転体受34bは、鋼板を組み合わせることにより構成されており、回転体35と同一の半径による円弧であって、深さは回転体35の半径よりも短く形成されている。

30

【0084】

この他の主桁32の構成は、第1の実施の形態で示した内容と同様のため、詳細な説明は省略する。

【0085】

回転体35は、図7（a）に示すように、前後に連続して配置される推進函体30、30の互いに対向する凹部34に跨るように配置される平面視円形の部材であって、凹部34と同一の半径により構成されている。

【0086】

回転体35は、トンネルTの施工に伴う推進力の伝達が可能な強度を有したものであれば、その材質等は限定されるものではなく、第2の実施の形態では、鋼板を溶接により組み合わせることにより構成している。つまり、第2の実施の形態による回転体35は、円形に形成された上下の鋼板と、長方形の鋼板を丸く曲げることにより形成された円筒とを組み合わせることにより、円柱状に形成されている。

40

なお、回転体35の形状は、円柱状に限定されるものではなく、例えば、断面形状が楕円形状や小判型に形成されていてもよい。

【0087】

そして、図7（a）に示すように、凹部34、34は、回転体35の半径よりも浅く形成、つまり凹部34の弧長は回転体35の外周長の半分の長さよりも小さく形成されているため、回転体35が介在された前後に連続する推進函体30、30の間には、隙間Sが形成されている。

50

【0088】

図6および図7(b)に示すように、切羽側主桁32bに形成された凹部34の両脇には、推力伝達部材36が配置されている。推力伝達部材36の構成は、第1の実施の形態で示した推力伝達部材16と同様なため、詳細な説明は省略する。

【0089】

縦リブ33は、隣り合う主桁32, 32の間に配置されて、主桁32同士の間隔を保持するとともに、推進時に作用する軸力に対して、十分な耐力を発現するように構成されている。なお、凹部34に対応する位置に配置された縦リブ33aは、凹部34の深さ分長さが短く形成されている。

この他の縦リブ33の構成は、第1の実施の形態で示した縦リブ13と同様なため、詳細な説明は省略する。

10

【0090】

推進函体30には、その外周に配置されて、切羽F側の端面から張り出した保護プレート37を備えている。なお、保護プレート37の構成は、第1の実施の形態で示した保護プレート17と同様なため、詳細な説明は省略する。

【0091】

前後に隣接する推進函体30, 30の接合部には、第1の実施の形態と同様に、連結手段20およびシール材24を配置する。なお、連結手段20およびシール材24は、第1の実施の形態で示したものと同様のものを使用するため、詳細な説明は省略する。

【0092】

20

次に、第2の実施の形態にかかるトンネルTの構築方法について、図面を参照して説明する。

【0093】

トンネルTは、地山を切削する掘進機Mと、掘進機Mの後方から掘進機Mにより切削された掘削孔に推進函体30を押し込む元押しジャッキJとにより構築する(図1参照)。

【0094】

各推進函体30は、互いの凹部34に、回転体35を挿入した状態で元押しジャッキJの推進力により地中に押し込まれる。この時、凹部34の深さは、回転体35の半径よりも浅く形成されているため、図7(a)に示すように、前後に連続する推進函体30, 30の間には隙間Sが形成される。

30

【0095】

坑口Eの元押しジャッキJによる推進力は、後方の回転体35および推力伝達部材36を介して前方の推進函体30へと伝達される。ここで、凹部34と回転体35とは同一の半径により形成されているため、回転体35は凹部34の弧長の全延長に当接しており、この当接面を介して推進力が伝達される。また、推力伝達部材36も弾性部材により構成されているため、推力伝達部材36の全面積により推進力を伝達する。つまり、第2の実施の形態の推進函体30によれば、推進函体30の上下の辺それぞれにおいて、凹部34の面積と凹部34の両脇に配置された推力伝達部材36, 36の面積により推進力を伝達する。

【0096】

40

この他の第2の実施の形態に係るトンネルの構築方法は、第1の実施の形態で示したトンネルの構築方法と同様なため、詳細な説明は省略する。

【0097】

以上、第2の実施の形態に係る推進函体30およびこれを利用したトンネルの構築方法によれば、推進工法にて直線区間Aと曲線区間Bとを有するトンネル等、複雑な線形によるトンネル施工を容易かつ高精度に行うことを可能となる。

【0098】

つまり、前後に連続する推進函体30同士の接合面、つまり、後方(元押しジャッキJ)からの押し込み力を伝達する面(凹部34と回転体35との当接面)が、円弧状に形成されているため、曲線区間Bにおいて、前後の推進函体30, 30の角度が変化しても、

50

直線区間 A と同様の推力の伝達能力を発揮することを可能としている。

【0099】

また、凹部 34 および回転体 35 が円弧状に形成されていることにより、曲線区間 B の角度の変化を追従することができる。つまり、例えば、曲線半径が徐々に変化するクロソイド曲線を有する線形や、異なる曲線半径からなる曲線区間を複数有する線形のトンネルの施工も可能としている。

【0100】

また、凹部 34 および回転体 35 が、同一半径の円弧状に形成されているため、曲線線形に応じて前後の推進函体 30、30 の角度が変化した場合でも、常に面で力を伝達する。そのため、応力が一点に集中することにより推進函体 30 が破損することがない。

10

【0101】

また、凹部 34 の弧長が回転体 35 の外周長の $1/2$ よりも短く形成されているため、前後に配置される推進函体 30 同士の間には、所望の隙間 S が形成されて、曲線区間 B において、前後の推進函体 30、30 の角度が変化する場合に、推進函体 30 同士が接触することで、その角度が制限されることがない。

【0102】

また、凹部 34 および回転体 35 の当接面に加えて、凹部 34 の両脇に配設された推力伝達部材 36 により推進力を伝達するため、凹部 34 に応力が集中することにより凹部 34 が破損することを防止する。

【0103】

20

この他の第 2 の実施の形態による効果は、第 1 の実施の形態で示したものと同様のため、詳細な説明は省略する。

【0104】

<第 3 の実施の形態>

つぎに、第 3 の実施の形態について説明する。

第 3 の実施の形態は、図 1 に示す直線区間 A と曲線区間 B とを有するトンネル T を、図 8 に示す推進函体 40 を利用して構築する場合について説明する。

ここで、図 8 は、第 3 の実施の形態にかかる推進函体を示す斜視図である。また、図 9 は、同推進函体を示す図であって、(a) は連結状況を示す平面図、(b) は部分斜視図である。

30

【0105】

トンネル T は、複数の推進函体 40、40、…を推進工法により地中に連続して配置することにより形成される。つまり、掘進機 M により地中を削孔しつつ、坑口 E に配置された元押しジャッキ J の押し込み力により、推進函体 40 を地中に押し込むことにより形成される（図 1 参照）。ここで、掘進機 M および元押しジャッキ J は、第 1 の実施の形態と同様に、適宜公知のものから選定して使用すればよい。

【0106】

第 3 の実施の形態に係る推進函体 40 は、図 8 に示すように、角筒状に形成された外殻 41 と、トンネル T の軸方向に所定の間隔をあけて並設された複数の主桁 42、42、…と、隣り合う主桁 42、42、…間においてトンネル T の軸方向に沿って配置された複数の縦リブ 43、43、…とを備えて構成されている。なお、推進函体 40 の形状は、角筒状に限定されるものではないことはいふまでもなく、例えば円筒状やその他の断面多角形状に形成されていてもよい。

40

【0107】

そして、推進函体 40 の坑口 E 側の端面に配置された主桁 42（以下、「坑口側主桁 42 a」という場合がある）には曲線区間 B の曲線の軸に対して垂直に交わる面（本実施形態では上下）に凹部 44 が形成されており、切羽 F 側の端面に配置された主桁 42（以下、「切羽側主桁 42 b」という場合がある）の凹部 44 に対応する位置に凹部 44 に挿入可能で先端が円弧状の凸部 45 が形成されている。つまり、図 1 に示す水平方向に屈折する曲線区間 B の曲線線形に対応して、推進函体 40 の水平方向の回転が可能となるように

50

、推進函体 40 の上下に凹部 44 と凸部 45 が形成されている。

【0108】

推進函体 40 の外殻 41 の構成は、第 1 の実施の形態で示した外殻 11 の構成と同様のため、詳細な説明は省略する。

【0109】

図 8 に示すように、坑口側主桁 42 a の上下の辺の中央部には、切羽 F 方向に窪んだ略半円状の凹部 44 が形成されている。また、切羽側主桁 42 b の上下の辺の中央部には、切羽 F 方向に突出した先端が円弧状の凸部 45 が形成されている。

【0110】

この他の主桁 42 の構成は、第 1 の実施の形態で示した内容と同様のため、詳細な説明は省略する。

10

【0111】

図 9 (b) に示すように、凹部 44 は、第 2 の実施の形態で示した凹部 34 と同様に、坑口側主桁 42 a に凸部 45 の高さ (厚み) よりも高い高さで凸部 45 の幅よりも幅広な開口部を形成し、この開口部の背面 (坑口側主桁 12 a の切羽 F 側の面) に平面視略半円状の凸部受 44 b を配置することにより構成されている。凹部 44 の中央部には、回転軸 48 を固定するための軸孔 44 a が形成されている。なお、この他の凹部 44 の構成は、第 2 の実施の形態で示した凹部 34 と同様のため、詳細な説明は省略する。

【0112】

凸部 45 は、図 8 および図 9 に示すように、切羽側主桁 12 b の上下の辺の中央部に、切羽 F 側に突出するように形成されており、矩形と半円とをつなぎ合わせたような形状の鋼材により構成されている。また、凸部 45 の幅は、凹部 44 の幅よりも小さく形成されており、曲線区間 B の曲線線形において凸部 45 の側面が凹部 44 に接することにより推進函体 40 の回転を妨げることをしない形状に形成されている。なお、凸部 45 を構成する材料および形状等は前記のものに限定されないことはいうまでもない。

20

そして、凸部 45 の中央部には、回転軸 48 を挿通可能な軸孔 45 a が形成されている。

【0113】

そして、推進函体 40 の配置時には、図 9 (a) に示すように、前方の推進函体 40 の凹部 44 に、後方の推進函体 40 の凸部 45 の先端が凹部 44 の内面に当接するように凸部 45 を挿入し、凹部 44 の軸孔 44 a と凸部 45 の軸孔 45 a に回転軸 48 を挿入し、回転軸 48 の両端を凹部 44 に固定する。

30

【0114】

回転軸 48 は、推進力に対して十分な耐力を有した鋼棒またはボルトにより構成されており、第 3 の実施の形態では凹部 44 の厚みと同等の長さを有したものを使用する。また、回転軸 48 には、その直径が凹部 44 の軸孔 44 a の直径と同等で、凸部 45 の軸孔 45 a の直径よりも小さいものを使用し、推進函体 40 の回転を妨げないように構成されている。なお、回転軸 48 の固定方法は限定されるものではなく、適宜公知の方法から選定して行えばよい。例えば、回転軸 48 を凸部 45 の軸孔 45 a に固定し、凹部 44 の軸孔 44 a を回転可能に支持する構成としてもよい。

40

【0115】

図 8 および図 9 (b) に示すように、凸部 45 の両脇の凹部 44 の両脇に対応する位置には、推力伝達部材 46 が配置されている。なお、推力伝達部材 46 の構成は、第 1 の実施の形態で示した推力伝達部材 16 と同様のため、詳細な説明は省略する。

【0116】

縦リブ 43 は、隣り合う主桁 42, 42 の間に配置されて、主桁 42 同士の間隔を保持するとともに、推進時に作用する軸力に対して、十分な耐力を発現するように構成されている。なお、凹部 44 に対応する位置に配置された縦リブ 43 a は、凹部 44 の深さ分長さが短く形成されている。

この他の縦リブ 43 の構成は、第 1 の実施の形態で示した縦リブ 13 と同様のため、詳

50

細な説明は省略する。

【0117】

推進函体40は、その外周に配置されて、切羽F側の端面から張り出した保護プレート47を備えている。なお、保護プレート47の構成は、第1の実施の形態で示した保護プレート17と同様なため、詳細な説明は省略する。

【0118】

前後に隣接する推進函体40、40の接合部には、第1の実施の形態と同様に、連結手段20およびシール材24を配置する。なお、連結手段20およびシール材24は、第1の実施の形態で示したものと同様のものを使用するため、詳細な説明は省略する。

【0119】

次に、第3の実施の形態にかかるトンネルTの構築方法について、図面を参照して説明する。

【0120】

トンネルTは、地山を切削する掘進機Mと、掘進機Mの後方から掘進機Mにより切削された掘削孔に推進函体40を押し込む元押しジャッキJとにより構築する（図1参照）。

【0121】

各推進函体40は、前方の推進函体40の凹部44に、凸部45を挿入し、凹部44の軸孔44aおよび凸部45の軸孔45aに回転軸48を配置した状態で元押しジャッキJの推進力により地中に押し込まれる。この時、前後に連続する推進函体40、40の間には、図9(a)に示すように、隙間Sが形成されている。

【0122】

坑口Eの元押しジャッキJによる推進力は、凹部44と凸部45との接触面と推力伝達部材46を介して前方の推進函体40へと伝達される。ここで、推力伝達部材46は、弾性部材により構成されているため、推力伝達部材46の全面積により推進力を伝達する。また、凹部44と凸部45とは回転軸48を介して連結されているため、回転軸48を介して回転するとともに前後に連続して配置された推進函体40、40同士のずれを防止している。

【0123】

この他の第3の実施の形態に係るトンネルの構築方法は、第1の実施の形態で示したトンネルの構築方法と同様なため、詳細な説明は省略する。

【0124】

以上、第3の実施の形態に係る推進函体40およびこれを利用したトンネルTの構築方法によれば、推進工法にて直線区間Aと曲線区間Bとを有するトンネル等、複雑な線形によるトンネル施工を容易かつ高精度に行うことを可能となる。

【0125】

つまり、前後に連続する推進函体40は、回転軸48を介して自由に回転するため、複雑な線形のトンネルTの施工を容易かつ高精度に行うことを可能としている。

また、推進函体40同士は、回転軸48により回転可能に連結されているため、曲線区間Bにおける推進函体40の回転時に前後の推進函体40、40がずれることがない。

【0126】

また、凹部44の幅は凸部45の幅よりも広く形成されているため、曲線区間Bにおいて、凸部45の側面が凹部44の内面に接することにより推進函体40の回転を妨げることがない。

また、凸部45の先端が凹部44に常に当接した状態で推進されるため、曲線区間Bにおいても、直線区間Aと同様に元押しジャッキJの推進力が伝達される。

【0127】

この他の第3の実施の形態による効果は、第1の実施の形態で示したものと同様なため、詳細な説明は省略する。

【0128】

以上、本発明について、好適な実施形態について説明したが、本発明は前記の実施形態

10

20

30

40

50

に限られず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更が可能である。

例えば、前記各実施形態では、単一のトンネルを構築する場合について説明したが、複数のトンネルを並設した後、これらのトンネルを連結することで大断面トンネルやその他の地下構造物を構築する場合における各トンネルの構築について本願発明のトンネルの構築方法を採用してもよい。

【0129】

また、本発明のトンネルの構築方法により、大断面トンネルの外殻を形成した後、外殻の内側を掘削して大断面トンネルを構築してもよいことはいうまでもない。

【0130】

また、本発明のトンネル構築方法による施工が可能なトンネルTの線形は前記各実施形態で説明した線形に限定されるものではなく、クロソイド曲線を有した線形や、単曲線の線形や、曲線区間を3つ以上有する線形等、あらゆる線形に適用可能である。

10

【0131】

また、前記各実施形態では、水平方向に曲がる曲線線形からなるトンネルについて、推進函体の上下に凹部と凸部を形成するものとしたが、曲線線形が垂直方向に曲がる場合には、推進函体の側部（左右に）凹部と凸部を形成するものとする。

【0132】

前記各実施形態では、凹部または凸部の両脇に推力伝達部材を配置するものとしたが、曲線区間により形成されるカーブの外側の隙間が、推力伝達部材により追従が可能な程度の幅であれば、推進函体の左右の辺に推力伝達部材を配置してもよい。

20

【0133】

前記各実施形態では、連続して配置される推進函体の接合部に保護プレートを配置するものとしたが、これに限定されるものではなく、継輪のようなバンドにより継ぎ手部を覆う構成としてもよい。

【0134】

また、前記各実施形態では、トンネルTの全延長について本発明の推進函体を配置する構成としたが、曲線区間に進入しない推進函体（例えば図1の第一直線区間A1に配置される推進函体）については、公知の推進函体（凹部等が形成されていない推進函体）を配置してもよいことはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

30

【0135】

【図1】本発明の好適な各実施形態に係るトンネルの概略を示す平面図である。

【図2】第1の実施の形態に係る推進函体を示す斜視図である。

【図3】第1の実施の形態に係る推進函体を示す図であって、（a）は連結状況を示す平面図、（b）は部分斜視図である。

【図4】（a）は第1の実施の形態に係る推進函体の正面図、（b）は同拡大断面図である。

【図5】第1の実施の形態に係る推進函体の変形例を示す部分斜視図である。

【図6】第2の実施の形態にかかる推進函体を示す斜視図である。

【図7】第2の実施の形態にかかる推進函体を示す図であって、（a）は連結状況を示す平面図、（b）は部分斜視図である。

40

【図8】第3の実施の形態にかかる推進函体を示す斜視図である。

【図9】第3の実施の形態にかかる推進函体を示す図であって、（a）は連結状況を示す平面図、（b）は部分斜視図である。

【図10】従来の推進函体およびトンネルの構築方法を示す平面図である。

【符号の説明】

【0136】

10, 30, 40 推進函体

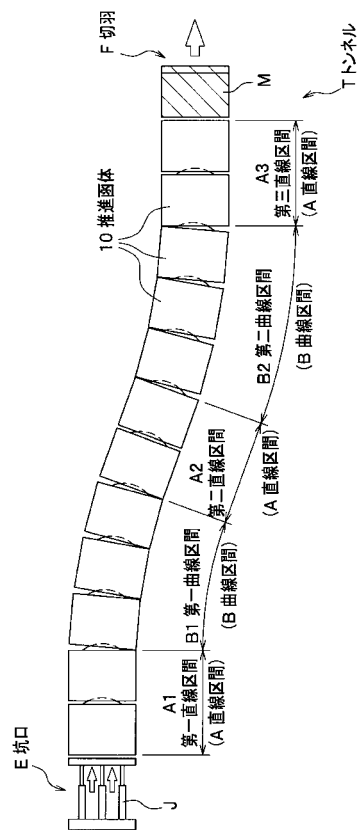
12, 32, 42 主桁

14 凹部

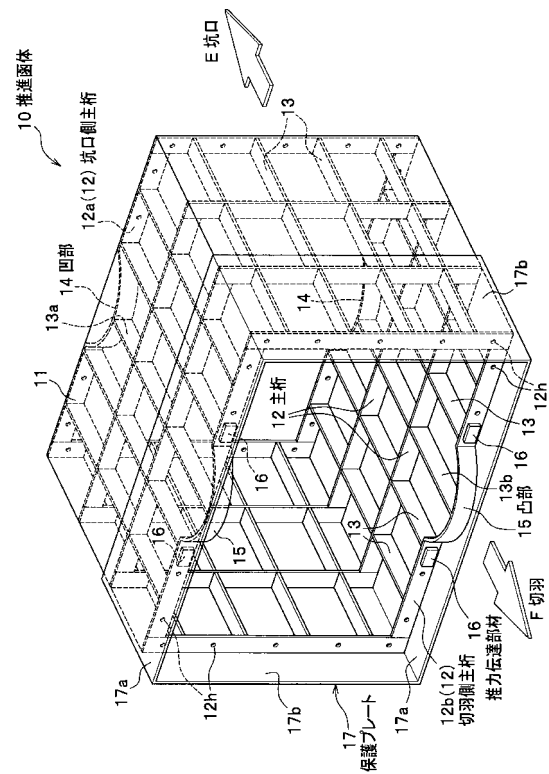
50

- 1 5 凸部
- 1 6, 3 6, 4 6 推力伝達部材
- 1 7, 3 7, 4 7 保護プレート
- 2 1 ボルト
- 2 3 弾性ワッシャ
- 3 4 凹部
- 3 5 回転体
- 4 4 凹部
- 4 5 凸部
- 4 8 回転軸
- A 直線区間
- B 曲線区間
- E 坑口
- F 切羽
- T トンネル

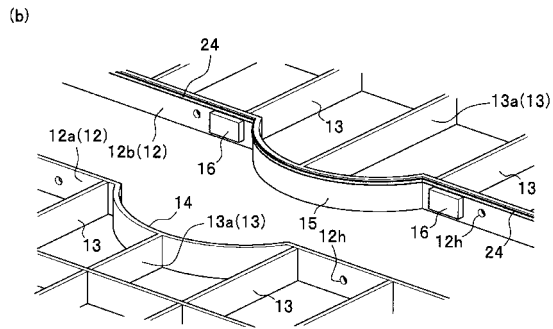
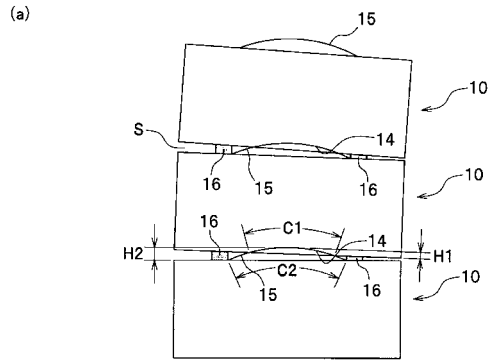
【図 1】



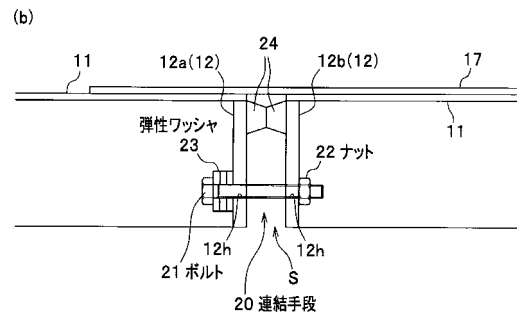
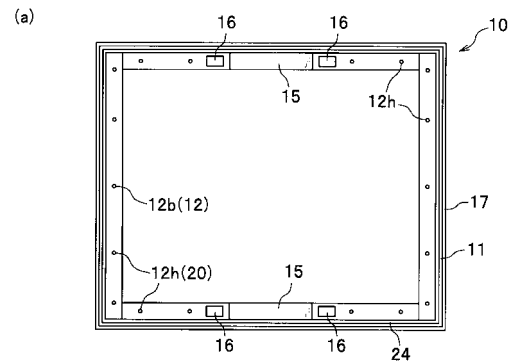
【図 2】



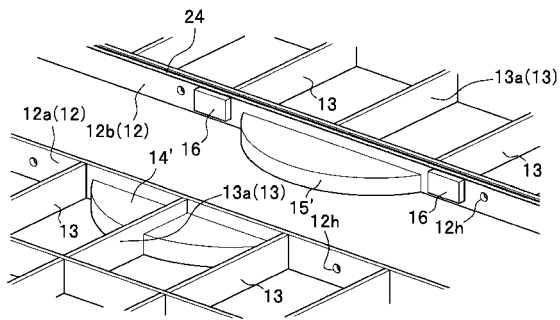
【図 3】



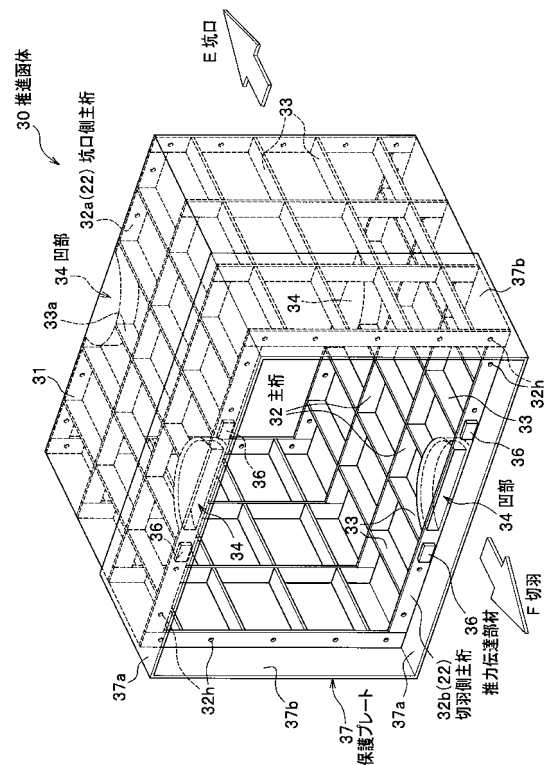
【図 4】



【図 5】

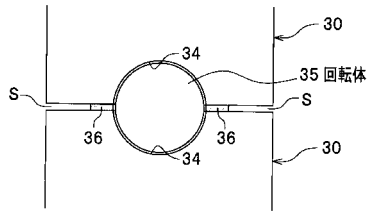


【図 6】

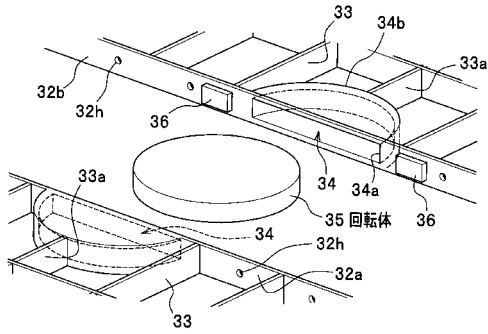


【図 7】

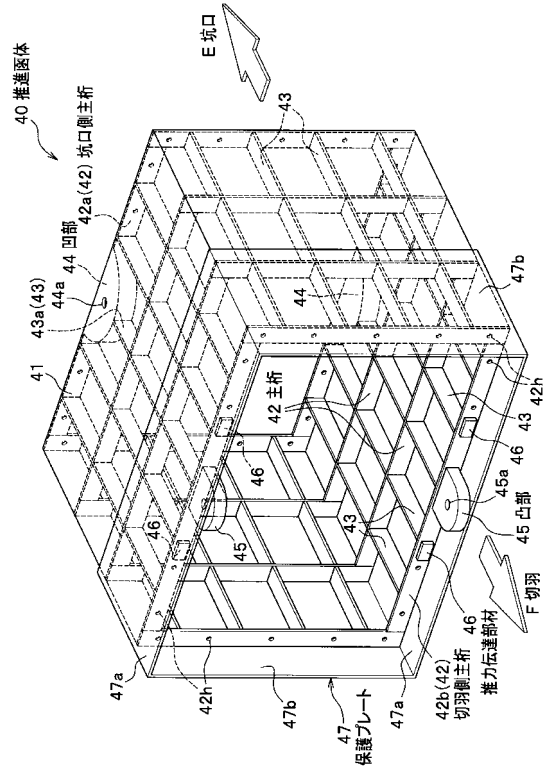
(a)



(b)

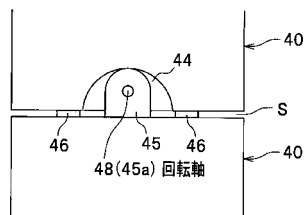


【図 8】

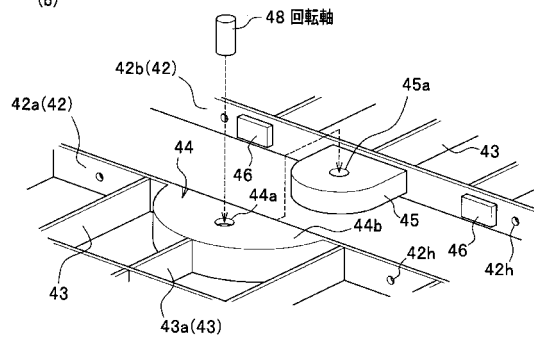


【図 9】

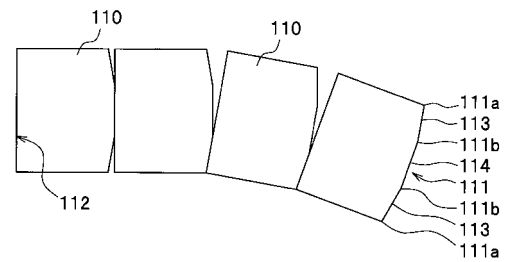
(a)



(b)



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 武田 伸児

東京都新宿区西新宿一丁目25番1号

大成建設株式会社内

審査官 住田 秀弘

(56)参考文献 特開2001-073687 (JP, A)

特開平06-299784 (JP, A)

特開2003-293685 (JP, A)

特開平04-060091 (JP, A)

実開昭63-076095 (JP, U)

特開平09-041877 (JP, A)

実開昭59-013783 (JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E21D 1/00 - E21D 9/14