

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5516288号
(P5516288)

(45) 発行日 平成26年6月11日 (2014. 6. 11)

(24) 登録日 平成26年4月11日 (2014. 4. 11)

(51) Int. Cl.

F I

E 2 1 D 9/06 (2006. 01)

E 2 1 D 9/06 3 0 1 D

E 2 1 D 9/04 (2006. 01)

E 2 1 D 9/04 F

E 2 1 D 11/04 (2006. 01)

E 2 1 D 11/04 Z

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-220659 (P2010-220659)
 (22) 出願日 平成22年9月30日 (2010. 9. 30)
 (65) 公開番号 特開2012-77448 (P2012-77448A)
 (43) 公開日 平成24年4月19日 (2012. 4. 19)
 審査請求日 平成24年8月9日 (2012. 8. 9)

(73) 特許権者 000006655
 新日鐵住金株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
 (74) 代理人 110000637
 特許業務法人樹之下知的財産事務所
 (72) 発明者 藤井 義法
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新
 日本製鐵株式会社内
 (72) 発明者 石田 宗弘
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新
 日本製鐵株式会社内
 (72) 発明者 中山 裕章
 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新
 日本製鐵株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル接続構造およびトンネル施工方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

略水平方向に隣り合う第1および第2のトンネルを接続して1つのトンネル断面を構成するトンネル接続構造であって、

前記トンネルは、前記第1トンネルの覆工の外側部からなる第1覆工と、前記第2トンネルの覆工の外側部からなる第2覆工と、前記第1および第2の覆工の上部間を接続する上部接続覆工と、前記第1および第2の覆工の下部間を接続する下部接続覆工とを有して構成され、

前記上部接続覆工は、前記第1覆工に接続される第1接続部と前記第2覆工に接続される第2接続部とに渡って上方に凸で一定曲率の断面円弧形状に形成され、

前記下部接続覆工は、前記第1覆工に接続される第3接続部と前記第2覆工に接続される第4接続部とに渡って下方に凸で一定曲率ではない形状に形成され、かつ、前記第1および第2トンネルとの接続部の下半に対応した周辺地盤に対して地盤改良をした後に形成された場所打ちコンクリートで構成され、

前記上部接続覆工と前記下部接続覆工とが異なる構造形式であり、

前記上部接続覆工の外周側に曲線パイプルーフが上方に凸な形状で設けられ、この曲線パイプルーフと前記第1トンネルおよび第2トンネルとの接続位置が前記第1接続部および第2接続部よりもそれぞれ外側部に設けられ、

前記曲線パイプルーフに加え、前記曲線パイプルーフから地盤に注入された地盤改良材あるいは凍結材による改良地盤が形成され、当該曲線パイプルーフのトンネル内空側から

10

20

地盤に放射状にロックボルトが設けられ、当該曲線パイプルーフと接続されていることを特徴とするトンネル接続構造。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のトンネル接続構造において、

前記上部接続覆工と前記第 1 および第 2 トンネルとの接続部位置において、当該上部接続覆工に沿った接線と第 1 覆工および第 2 覆工のそれぞれに沿った接線とが一致しないことを特徴とするトンネル接続構造。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載のトンネル接続構造において、

前記上部接続覆工は、前記第 1 トンネルと接続される第 1 接続部と前記第 2 トンネルと接続される第 2 接続部とに渡って上方に凸な円弧状に形成され、前記第 1 接続部と第 2 接続部とを結ぶ直線からの当該上部接続覆工の頂点高さは、前記第 1 接続部と第 2 接続部との離間距離に対して 8 % 程度以上 40 % 程度以下に設定され、

前記第 1 接続部は、前記第 1 トンネルの中心を通る鉛直線から外側に向かって 0 ° 程度以上 45 ° 程度以下の範囲に設けられ、前記第 2 接続部は、前記第 2 トンネルの中心を通る鉛直線から外側に向かって 0 ° 程度以上 45 ° 程度以下に設定されていることを特徴とするトンネル接続構造。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のトンネル接続構造において、

前記第 1 および第 2 のトンネルを構成する覆工と前記上部接続覆工は、それぞれ鉄筋コンクリートから形成される R C 造、鋼殻を有した鋼構造、または鋼殻とコンクリートからなる合成構造、のいずれかの構造もしくはそれらの組合せからなる複数のセグメントで構成されていることを特徴とするトンネル接続構造。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のトンネル接続構造を用いたトンネル施工方法であって、

前記第 1 および第 2 のトンネル施工後に、場合によっていずれかのトンネル内空側から反対側のトンネルまでパイプルーフを施工し、トンネル内から上部接続覆工および下部接続覆工を設置する位置の周囲を地盤改良して周辺地盤を安定化させ、その後、支保工を設置して前記第 1 覆工および第 2 覆工を支持し、トンネル内空の地盤を部分的に掘削してから、場合によって前記パイプルーフのトンネル内空側から地盤に放射状にロックボルトを施工し、前記上部接続覆工および下部接続覆工を構築し、撤去部覆工および支保工を撤去することを特徴とするトンネル施工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水平方向に隣り合う一対のトンネルを接続して 1 つのトンネル断面を構成するトンネル接続構造およびトンネル施工方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、道路トンネル等のシールドトンネル覆工を用いたトンネルにおいて、本線トンネルと支線トンネルとを接続して合流部を構成する接続構造として、本線用の覆工と支線用の覆工とに渡って上下に接続覆工を架設した構造が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。

特許文献 1 に記載された接続構造は、トンネル合流部の断面が全体楕円形（長円形あるいは玉子形）となるように、本線用および支線用の覆工と上下の接続覆工とが接続され、これらの接続部にて覆工同士が連続した滑らかな曲面となるように構成されている。

【0003】

また、トンネル合流部を構築するための施工方法として、仮設材である曲線パイプルーフを用いた方法も提案されている（例えば、非特許文献 1 参照）。

非特許文献 1 に記載されたトンネル合流部の施工方法は、トンネル掘削に先行して、導坑シールドから横断方向に曲線パイプルーフを打設し、剛性の高い先受け工を施工し、その後、地盤改良（凍結）工で土中アーチを形成し、地山の変形を起こさせ（吹付けコンクリート）、変形が収束した後に本体（覆工コンクリート）を構築するというものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2005 - 248478 号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献 1】大深度トンネル技術検討委員会、「第 2 回 大深度トンネル技術検討委員会 資料 - 1 施工技術に関する検討」、第 5, 6 頁、[online]、平成 17 年 12 月 5 日、国土交通省 関東地方整備局 道路部、[平成 22 年 9 月 7 日検索]、インターネット URL: http://www.ktr.mlit.go.jp/gaikan/pi_kouhou/dsi/02/index.html

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 に記載された従来の接続構造では、上半および下半のトンネル接続覆工構造がともに鋼殻であるため、軽くて曲げ耐力が高く覆工の変形は比較的生じにくいと考えられる。しかし、上半に比べて下半は、覆工の変形がトンネル上部に与える影響が小さいため、上下同じ形状の構造形式にするのは合理的ではない。すなわち、上下の接続覆工とともに大きなライズをもたせた場合、地盤の掘削断面積が増加する。例えば、道路トンネルなどでは、下半部に路面を設置するため、下半部に大きなライズをつける必要がない。さらに、従来の接続構造では、上下部の接続覆工がともに鋼殻となっており、予め製作工場における複雑な加工工程が必要な鋼殻を上下部ともに用いることは、工事費の増加につながりやすいと考えられる。

また、非特許文献 1 に記載された従来の施工方法は、地盤のアーチ効果による地盤の自立作用を活用して覆工に作用する荷重低減を図る方法であり、すなわち、トンネルの上部の地盤沈下が前提となることから、トンネル上部または地表構造物等への地盤沈下の影響が懸念される。さらに、この施工方法は、地下水対策として凍結方法を用いる場合、任意断面トンネルを構築するための土留め止水壁を凍土造成により行うこととなるが、凍土を相当厚くする必要があるのであるため、施工コストが増大してしまうという問題がある。また、トンネル掘削に先行して、導坑の構築が必要なことも施工コストの増大を招く。

【0007】

本発明の目的は、上部地盤の沈下を十分に抑制することができるとともに施工コストの削減を図ることができるトンネル接続構造およびトンネル施工方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のトンネル接続構造は、略水平方向に隣り合う第 1 および第 2 のトンネルを接続して 1 つのトンネル断面を構成するトンネル接続構造であって、前記トンネルは、前記第 1 トンネルの覆工の外側部からなる第 1 覆工と、前記第 2 トンネルの覆工の外側部からなる第 2 覆工と、前記第 1 および第 2 の覆工の上部間を接続する上部接続覆工と、前記第 1 および第 2 の覆工の下部間を接続する下部接続覆工とを有して構成され、前記上部接続覆工は、前記第 1 覆工に接続される第 1 接続部と前記第 2 覆工に接続される第 2 接続部とに渡って上方に凸で一定曲率の断面円弧形状に形成され、前記下部接続覆工は、前記第 1 覆工に接続される第 3 接続部と前記第 2 覆工に接続される第 4 接続部とに渡って下方に凸で一定曲率ではない形状に形成され、かつ、前記第 1 および第 2 トンネルとの接続部の下半に対応した周辺地盤に対して地盤改良をした後に形成された場所打ちコンクリートで構成され、前記上部接続覆工と前記下部接続覆工とが異なる構造形式であり、前記上部接続覆

工の外周側に曲線パイプルーフが上方に凸な形状で設けられ、この曲線パイプルーフと前記第1トンネルおよび第2トンネルとの接続位置が前記第1接続部および第2接続部よりもそれぞれ外側部に設けられ、前記曲線パイプルーフに加え、前記曲線パイプルーフから地盤に注入された地盤改良材あるいは凍結材による改良地盤が形成され、当該曲線パイプルーフのトンネル内空側から地盤に放射状にロックボルトが設けられ、当該曲線パイプルーフと接続されていることを特徴とする。

【0009】

以上の本発明によれば、トンネル覆工の変形がトンネル上部の地盤変形に影響しやすい上半の接続覆工にはそのライズによるアーチ効果によって発生断面力の低減が期待できる。さらに、鉛直土圧が作用せず、トンネル覆工の変形がトンネル上部の地盤変形に影響しにくい下半の接続覆工は、円形に比べ掘削土量が低減できる馬蹄形のトンネル形状に対応した形状を適用することで、作用荷重に応じた適切な覆工部材が適用できるため、工事費の削減ができる。例えば、道路トンネルの場合、下半側に路面が設置されるため、トンネル形状が馬蹄形であっても特に支障はない。

10

また、本発明のトンネル接続構造では、下部接続覆工が場所打ちコンクリートで形成されるため、掘削断面を低減できる馬蹄形形状のトンネル覆工を構築しやすく、下部接続覆工を鋼殻で構築する場合よりも安価に覆工を構築できるため工事費が低減できる。また、馬蹄形のトンネル形状に対応したRCセグメントを製作する場合、形状の異なる複数の型枠が必要となるため、場所打ちコンクリートの方が工事費を低減できる。

また、本発明のトンネル接続構造では、前記上部接続覆工の外周側に曲線パイプルーフが上方に凸な形状で設けられ、この曲線パイプルーフと前記第1トンネルおよび第2トンネルとの接続位置が前記第1接続部および第2接続部よりもそれぞれ外側部に設けられていることで、パイプルーフの剛性を活用して地盤を支えることが可能となるため、施工時の周辺地盤の地盤改良範囲を小さくすることができ、工事費の削減が可能となる。

20

さらに、本発明のトンネル接続構造では、前記曲線パイプルーフに加え、前記曲線パイプルーフから地盤に注入された地盤改良材あるいは凍結材による改良地盤が形成され、当該曲線パイプルーフのトンネル内空側から地盤に放射状にロックボルトが設けられ、当該曲線パイプルーフと接続されていることで、地盤改良材あるいは凍結材によって曲線パイプルーフの周辺地盤が改良されるとともに、ロックボルトの設置によってパイプルーフに作用する土圧を低減することができるため、パイプルーフや接続覆工に作用する土圧を軽減でき、工事費の削減につながる。

30

【0010】

この際、本発明のトンネル接続構造では、前記上部接続覆工と前記第1および第2トンネルとの接続部位置において、当該上部接続覆工に沿った接線と第1覆工および第2覆工のそれぞれに沿った接線とが一致しないことが好ましい。

【0011】

また、本発明のトンネル接続構造では、前記上部接続覆工は、前記第1トンネルと接続される第1接続部と前記第2トンネルと接続される第2接続部とに渡って上方に凸な円弧状に形成され、前記第1接続部と第2接続部とを結ぶ直線からの当該上部接続覆工の頂点高さ(ライズ)は、前記第1接続部と第2接続部との離間距離に対して8%程度以上40%程度以下に設定され、前記第1接続部は、前記第1トンネルの中心を通る鉛直線から外側に向かって0°程度以上45°程度以下の範囲に設けられ、前記第2接続部は、前記第2トンネルの中心を通る鉛直線から外側に向かって0°程度以上45°程度以下に設定されていることが好ましい。

40

このような構成によれば、上部接続覆工に対して上方から作用する上部地盤からの土圧に対して上部接続覆工に作用する曲げ応力を低減しつつ変形を抑えることができ、この変形に伴う上部地盤の沈下量を適宜に抑制することができる。

【0012】

さらに、本発明のトンネル接続構造では、前記第1および第2のトンネルを構成する覆工と前記上部接続覆工は、それぞれ鉄筋コンクリートから形成されるRC造、鋼殻を有し

50

た鋼構造、または鋼殻とコンクリートからなる合成構造、のいずれかの構造もしくはそれらの組合せからなる複数のセグメントで構成されていることが好ましい。

このような構成によれば、トンネル覆工に要求される性能に応じてセグメントの構造を使い分けることができるとともに、各種のセグメントに対応した接続部を介して上部および下部の接続覆工を接続するだけで、1つのトンネルを構築することができる。さらに、鋼構造または合成構造の場合は覆工の自重がRC構造に比べて軽くなるので、覆工の変形をさらに抑制できる。

【0016】

一方、本発明のトンネル施工方法は、前記いずれかのトンネル接続構造を用いたトンネル施工方法であって、前記第1および第2のトンネル施工後に、場合によっていずれかのトンネル内空側から反対側のトンネルまでパイプルーフを施工し、トンネル内から上部接続覆工および下部接続覆工を設置する位置の周囲を地盤改良して周辺地盤を安定化させ、その後、支保工を設置して前記第1覆工および第2覆工を支持し、トンネル内空の地盤を部分的に掘削してから、場合によって前記パイプルーフのトンネル内空側から地盤に放射状にロックボルトを施工し、前記上部接続覆工および下部接続覆工を構築し、撤去部覆工および支保工を撤去することを特徴とする。

ここで、支保工はH鋼等の鋼製部材をボルト等の部材で固定する形式であれば施工時間が短縮できるため好ましい。

この際、上部接続覆工の設置位置周辺の地盤改良範囲を小さくするために、予め前記第1および第2トンネル施工後に、両トンネル内からそれらの断面を結ぶように曲線パイプルーフを施工し、その周囲のみ地盤改良を実施してもよいし、上部接続覆工の設置位置の周辺の地山の崩落防止のために、地盤改良に加えロックボルトを施工してもよい。さらに、曲線パイプルーフを設置する場合は、上部接続覆工設置後に、パイプルーフと上部接続覆工で構成される空間に埋め戻しを行うことが好ましい。

このような施工方法によれば、パイプルーフの剛性を活用して周辺地盤を支えることができるため、地盤改良範囲を小さく抑制でき、工事コストの削減につながるとともに、施工時の地山崩落に対する安全性を高めることができる。

【発明の効果】

【0017】

以上のような本発明のトンネル接続構造およびトンネル施工方法によれば、トンネル覆工に生じる変形がトンネル上部地盤沈下に影響しやすい上半は、上方に凸の堅固な部材でトンネルの変位を抑制し、その影響が小さい下半部については、下に凸な馬蹄形のトンネル形状に対応した形状とすることで、掘削土量が低減でき、工事費の削減が図れる。また、下半側の接続構造を場所打ちコンクリート構造とすれば、馬蹄形のトンネル形状に対応した形状の覆工を比較的容易に構築可能となり工事費の削減が図れる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の接続構造を用いたトンネル接続部を示す断面図である。

【図2】前記トンネル接続部の形状を示す図である。

【図3】前記トンネル接続部の他の形状を示す図である。

【図4】前記トンネル接続部のさらに他の形状を示す図である。

【図5】前記トンネル接続部のさらに他の形状を示す図である。

【図6】前記トンネル接続部のさらに他の形状を示す図である。

【図7】前記トンネル接続部の実施例に係る解析モデルを示す図である。

【図8】前記実施例におけるライズ比と鉛直変位の関係を示すグラフである。

【図9】前記実施例におけるライズ比と変位剛性の関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

図1に示すように、本発明のトンネル接続構造は、左右に隣り合う第1トンネルとして

10

20

30

40

50

の本線トンネル１と第２トンネルとしての支線トンネル２とを接続してトンネル合流部３を構築するものである。本線トンネル１および支線トンネル２は、それぞれ図１の紙面奥行き方向であるトンネル前後方向に延びて構築されたシールドトンネルであって、本実施形態では、本線トンネル１および支線トンネル２の各中心Ｏ１，Ｏ２が距離（中心間距離）Ｌだけ離れて隣り合う位置における接続構造に関して説明する。なお、中心間距離Ｌは、トンネル前後方向の位置に応じて変動してもよい。

【００２０】

また、本線トンネル１および支線トンネル２は、各々複数のセグメントをトンネル前後方向およびトンネル周方向に連結することで構成されている。すなわち、本線トンネル１および支線トンネル２は、シールドマシン（掘削機）で地山を掘削して形成される空間にセグメントを組み立てるとともに、組み立てたセグメントに反力をとってジャッキでシールドマシンを前進させ、さらに地山を掘削するという手順を繰り返して構築されるようになっている。ここで、各セグメントは、鉄筋コンクリートから形成されるＲＣ造であってもよいし、鋼殻を有した鋼構造であってもよいし、さらには鋼殻の内部にコンクリートを中詰めした合成構造であってもよい。

【００２１】

トンネル合流部３は、前述のようにして予め構築しておいた本線トンネル１および支線トンネル２の間に構築されるものであって、本線トンネル１の覆工の外側部からなる第１覆工１１と、支線トンネル２の覆工の外側部からなる第２覆工２１と、第１覆工１１および第２覆工２１の上端部間を接続する上部接続覆工４と、第１覆工１１および第２覆工２１の下端部間を接続する馬蹄形のトンネル形状に対応した下部接続覆工５と、上部接続覆工４の上側にて第１覆工１１および第２覆工２１の上端部間を接続する曲線パイプルーフ６とを有して構成されている。また、曲線パイプルーフ６の周辺地盤および第１覆工１１および第２覆工２１の上半の領域には、施工時における地盤剥落対策および地下水対策として地盤を凍結させた凍土７が設けられ、第１覆工１１および第２覆工２１の外側における下半の領域と下部接続覆工５の下側とには、周辺地盤を地盤改良した地盤改良体８が設けられている。

【００２２】

上部接続覆工４は、図３にも示すように、第１覆工１１と接続される第１接続部４１と第２覆工２１と接続される第２接続部４２とに渡って上方に凸な円弧状に形成されている。これらの各接続部４１，４２の構造としては、各セグメントの材質や構造に応じて適宜な接続構造が選択可能であり、例えば、各接続部４１，４２を適宜なセグメントピースで構成して第１および第２覆工１１，２１に組み合わせてもよく、その場合には、適宜なアンカー材や機械式継手などを用いた接続構造が採用可能である。また、第１および第２覆工１１，２１や上部接続覆工４が鋼製の場合には、これらと溶接接合によって接合される接続部４１，４２を用いてもよいし、第１および第２覆工１１，２１や上部接続覆工４がＲＣ造の場合には、現場打ちＲＣ造やプレキャストＲＣ造（ＰＣａ）の接続部４１，４２を用いてもよい。

【００２３】

このような上部接続覆工４の形状は、以下のように設定されている。ここで、各部寸法の基準とするのは、本線トンネル１および支線トンネル２の各中心Ｏ１，Ｏ２を通る鉛直線である中心線Ｐ１，Ｐ２、第１および第２覆工１１，２１の断面（板厚）の中心線Ｑ１，Ｑ２、上部接続覆工４の断面（板厚）の中心線Ｒであり、中心線Ｑ１，Ｑ２と中心線Ｒとの交点を各々第１交点Ｘ１および第２交点Ｘ２とし、これらの交点Ｘ１，Ｘ２同士を結ぶ直線をライズ基準線Ｙとする。

【００２４】

上部接続覆工４の上方に凸な円弧形状つまりライズ形状は、第１接続部４１の第１交点Ｘ１と第２接続部４２の第２交点Ｘ２との離間距離 a と、交点Ｘ１，Ｘ２を結ぶライズ基準線Ｙから上部接続覆工４の頂点Ｔまでの高さ寸法 b との関係、すなわちライズ比（ b/a ）で規定される。そして、本実施形態のトンネル合流部３において、上部接続覆工４の

ライズ比 (b/a) は、8 % 以上 40 % 以下 に設定されている。すなわち、ライズ比 (b/a) は、以下の式 (1) を満足するように設定されている。

$$0.08 \leq b/a \leq 0.4 \quad \dots (1)$$

また、曲線パイプルーフ 6 は、上部接続覆工 4 よりも大きな曲率を有して上方に凸な円弧状に形成され、すなわち曲線パイプルーフ 6 のライズ比は、上部接続覆工 4 のライズ比 (b/a) よりも大きく設定されている。

【 0025 】

また、上部接続覆工 4 と第 1 覆工 11 との接続位置は、第 1 接続部 41 の第 1 交点 X1 の位置で規定され、具体的には、第 1 交点 X1 と本線トンネル 1 の中心 O1 とを通る直線 S1 と、本線トンネル 1 の中心線 P1 との交差角度 θ_1 によって規定される。一方、上部接続覆工 4 と第 2 覆工 21 との接続位置は、第 2 接続部 42 の第 2 交点 X2 の位置で規定され、具体的には、第 2 交点 X2 と支線トンネル 2 の中心 O2 とを通る直線 S2 と、支線トンネル 2 の中心線 P2 との交差角度 θ_2 によって規定される。ここで、交差角度 θ_1 , θ_2 は、各中心線 P1 , P2 から外側に向かって正となるように設定する。そして、本実施形態のトンネル合流部 3 において、上部接続覆工 4 の接続位置である交差角度 θ_1 , θ_2 は、0 ° 以上 45 ° 以下 の範囲に設定されている。すなわち、交差角度 θ_1 は、以下の式 (2) を満足するように設定され、交差角度 θ_2 は、以下の式 (3) を満足するように設定されている。

$$0^\circ \leq \theta_1 \leq 45^\circ \quad \dots (2)$$

$$0^\circ \leq \theta_2 \leq 45^\circ \quad \dots (3)$$

また、曲線パイプルーフ 6 は、上部接続覆工 4 の接続位置よりも外側で第 1 覆工 11 および第 2 覆工 21 と接続されるようになっている。

【 0026 】

以上のように形状および接続位置を規定したトンネル合流部 3 の一例として、図 3 に示す上部接続覆工 4 は、ライズ比 (b/a) が 8 % に設定され、交差角度 θ_1 が 0 ° に設定され、交差角度 θ_2 が約 5 ° に設定されている。また、図 4 に示すものでは、ライズ比 (b/a) が 25 % に設定され、交差角度 θ_1 が 22.5 ° に設定され、交差角度 θ_2 が 22.5 ° に設定されている。さらに、図 5 に示すものでは、ライズ比 (b/a) が 40 % に設定され、交差角度 θ_1 が 45 ° に設定され、交差角度 θ_2 が 45 ° に設定されている。

【 0027 】

図 2 において、トンネルの施工手順は本線トンネル 1 および支線トンネル 2 の施工後、トンネル内から下半のトンネルの外側および上半と下半の接続部付近の外側を地盤改良する。上半部において本線あるいは支線トンネル内から曲線パイプルーフ 6 を施工する。曲線パイプルーフ 6 から凍結材を地盤に注入して凍土 7 を形成する。第 1 覆工 11 と第 2 接続覆工 21 間に各接続部 41 , 42 および上部接続覆工 4 を構築する。これと同様に、第 1 覆工 11 と第 2 接続覆工 21 間に各接続部 51 , 52 および下部接続覆工 5 を構築する。図 6 は、図 1 の曲線パイプルーフ 6 施工後に曲線パイプルーフ 6 のトンネル内空側から曲線パイプルーフ 6 に穿孔しロックボルト 13 を施工したものを示す。もしくはトンネル内から地山を削孔してロックボルト 13 を施工し、曲線パイプルーフ 6 と接続材 (図示しない) を介して結合してもよい。

その後、図 2 に示す支保工 9 を設置し、本線トンネル 1 および支線トンネル 2 の間の地盤を掘削する。次に、第 1 覆工 11 と第 2 覆工 21 間に各接続部 41 , 42 および上部接続覆工 4 を構築する。これと同様に、第 1 覆工 11 と第 2 覆工 21 間に各接続部 51 , 52 および下部接続覆工 5 を構築する。その後、撤去部覆工 12 , 22 および支保工 9 を撤去する。なお、図 1 は完成時、図 2 は施工時のトンネル断面を示している。

【 0028 】

以上の本実施形態によれば、以下の効果が得られる。

すなわち、上部接続覆工 4 によりトンネル接続部 3 の上部が構成されるので、この剛性によって上部地盤の沈下を十分に抑制することができるとともに、従来工法に比べて地盤

10

20

30

40

50

改良範囲を小さくすることができるため工事費を大幅に削減することができる。そして、地盤沈下影響の小さい下部接続覆工 5 については、トンネル接続部 3 の下半に対応した周辺地盤に対して地盤改良をした後に馬蹄形のトンネル形状に対応したコンクリート構造を構築するだけで済むため、掘削土量を低減でき、工事費を大幅に削減することができる。また、図 6 に示すように、曲線パイプルーフ 6 施工後に曲線パイプルーフ 6 から外側の周辺地盤にロックボルト 13 を施工することで、施工時の地山崩落への安全性を高めることができる。

【実施例】

【0029】

以下、本発明の実施例について、前記本線トンネル 1、支線トンネル 2 およびトンネル合流部 3 をモデル化した FEM 解析モデルを用い、ライズ比 (b/a) および交差角度 θ_1 、 θ_2 をパラメータとして、周辺地盤からの荷重を作用させて上部接続覆工 4 の頂点 T の沈下量 (鉛直変位) を検討した結果について説明する。

上部接続覆工 4 と第 1 および第 2 覆工 11、21 との接続位置である交差角度 θ_1 、 θ_2 のパラメータとして、それぞれ 0° 、 22.5° 、 45° の 3 種類と -22.5° (比較例) とに設定するとともに、ライズ比 (b/a) のパラメータとして、0% から 40% までの範囲を設定した。

本実施例の解析モデルを図 7 に示す。解析モデルは、1 リングの剛性一様モデルを用い、地盤を適宜なばねで評価する (図 7 (B) 参照) とともに、地盤側からの土圧および水圧を荷重として加えた (図 7 (A) 参照)。解析モデルにおける第 1 覆工 11、第 2 覆工 21、上部接続覆工 4 および下部接続覆工 5 は、鋼殻を有した鋼製セグメントで構成され、その断面は、図 7 (C) に示すように、桁高 1000mm × 板厚 90mm の一対の主桁と、これらの主桁を地山側で連結する板厚 6mm のスキンプレートとを有したものである。この解析モデルの諸元を表 1 に示す。

【0030】

【表 1】

		鋼製セグメント
材種	鋼材	SM570-H
ヤング係数	E (kN/m ²)	2.1×10^8
断面積	A (m ²)	0.18
断面二次モーメント	I (m ⁴)	0.015
単位体積重量	γ (kN/m ³)	78.5
自重	W (kN/m)	14.6

【0031】

図 8 および図 9 に解析結果に基づくライズ比と鉛直変位量およびライズ比と変位剛性の関係を表すグラフを示す。ここで、図 9 では、ライズ比 (b/a) が 0% の場合の鉛直変位量に対する他のモデルの鉛直変位量の比の逆数を変位剛性として表す。

図 8 に示すように、鉛直変位量は、交差角度 θ_1 、 θ_2 が 0° 、 22.5° 、 45° のいずれの場合もライズ比 (b/a) が 0% から大きくなるに従って低下し、ライズ比 (b/a) が 20% 程度で最小値となり、ライズ比 (b/a) が 20% から 40% にかけて最小値を維持するか、若干増加する程度となっている。そして、図 9 に示すように、変位剛性は、交差角度 θ_1 、 θ_2 が 0° 、 22.5° 、 45° のいずれの場合もライズ比 (b/a) が 8% 程度から 40% 程度の範囲において、ライズ比 (b/a) が 0% の場合の 2 倍以上の曲げ剛性が確保されていることが解る。

【0032】

本発明において、下部接続覆工 5 の形状は、本線トンネル 1 および支線トンネル 2 の覆工の曲線にできるだけ近い形状であることが望ましい。

このような構成によれば、残置する本線トンネル 1 および支線トンネル 2 をなるべく活

用できるため、下部接続覆工 5 である場所打ちコンクリートの施工範囲を小さくできるため、工事費の削減が図れる。

また、下半部の地盤改良範囲は、下部接続覆工 5 の長さよりも地盤改良幅分程度長いことが望ましく、本線トンネル 1 および支線トンネル 2 と接触する部分では地盤改良体 8 との隙間が生じないように、確実に地盤改良されている必要がある。地盤改良に用いる材料は止水性の高いものが望ましい。また地盤改良体 8 の強度は、下半部を施工する際に地山の変形を防止できる程度以上の強度が必要である。

【 0 0 3 3 】

なお、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる他の構成等を含み、以下に示すような変形等も本発明に含まれる。

10

例えば、前記実施形態では、上部接続覆工 4 のライズ形状や接続位置を式 (1) ~ 式 (3) の範囲としたが、これに限定されず、上部接続覆工 4 の形状や第 1 および第 2 の覆工 1 1 , 2 1 との接続位置は任意に設定することができる。

さらに、前記実施形態では、本線トンネル (第 1 トンネル) 1 および支線トンネル (第 2 トンネル) 2 を複数のセグメントを組み合わせる構築されるシールドトンネルとしたが、これに限らず、第 1 および第 2 トンネルの構造および工法は適宜に選択した任意のものが適用可能である。

【 0 0 3 4 】

その他、本発明を実施するための最良の構成、方法などは、以上の記載で開示されているが、本発明は、これに限定されるものではない。すなわち、本発明は、主に特定の実施形態に関して特に図示され、かつ説明されているが、本発明の技術的思想および目的の範囲から逸脱することなく、以上述べた実施形態に対し、形状、材質、数量、その他の詳細な構成において、当業者が様々な変形を加えることができるものである。

20

従って、上記に開示した形状、材質などを限定した記載は、本発明の理解を容易にするために例示的に記載したものであり、本発明を限定するものではないから、それらの形状、材質などの限定の一部もしくは全部の限定を外した部材の名称での記載は、本発明に含まれるものである。

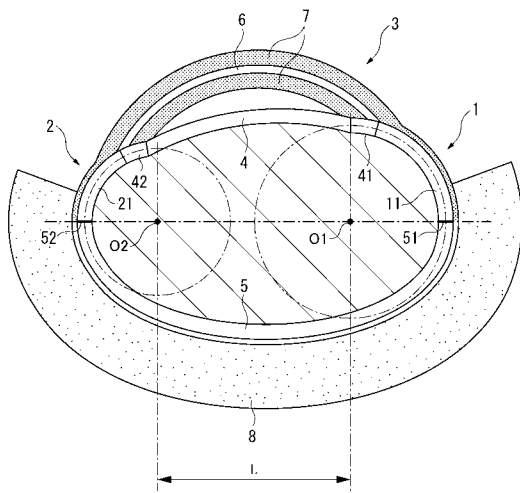
【 符号の説明 】

【 0 0 3 5 】

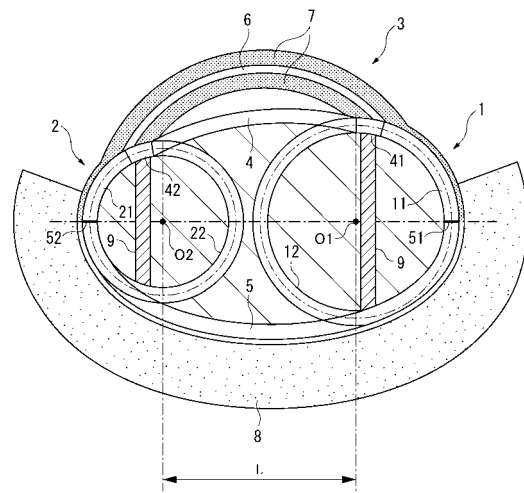
1 ... 本線トンネル (第 1 トンネル) 、 2 ... 支線トンネル (第 2 トンネル) 、 3 ... トンネル合流部、 4 ... 上部接続覆工、 5 ... 下部接続覆工、 6 ... 曲線パイプルーフ、 8 ... 地盤改良体、 9 ... 支保工、 1 1 ... 第 1 覆工、 1 2 ... 撤去部覆工、 1 3 ... ロックボルト、 2 1 ... 第 2 覆工、 2 2 ... 撤去部覆工、 4 1 ... 第 1 接続部、 4 2 ... 第 2 接続部、 a ... 接続覆工の接続部の離間距離、 b ... 頂点高さ寸法、 L ... トンネル中心間距離、 T ... 頂点。

30

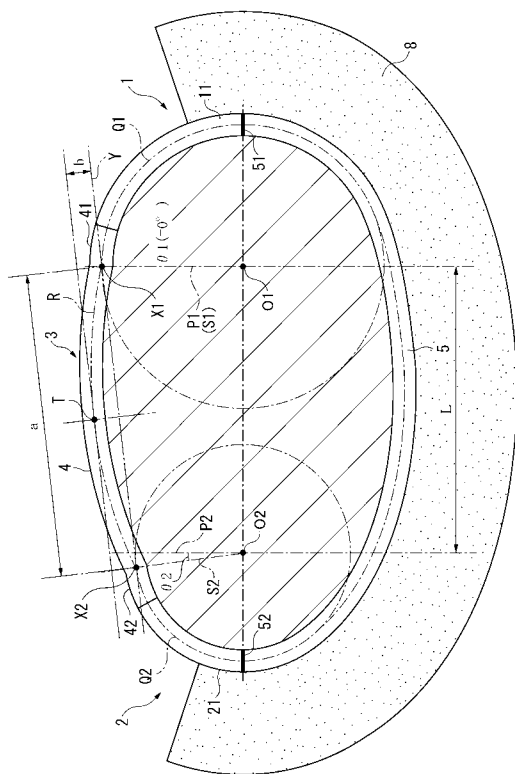
【図 1】



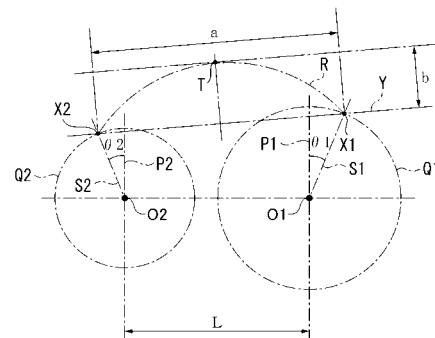
【図 2】



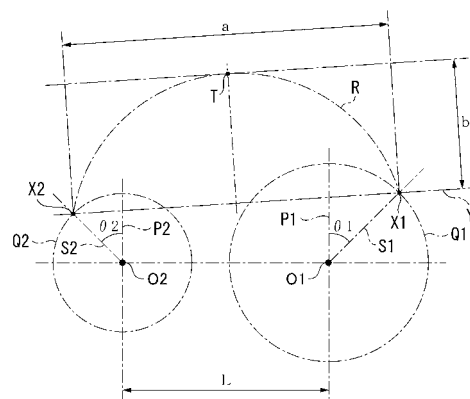
【図 3】



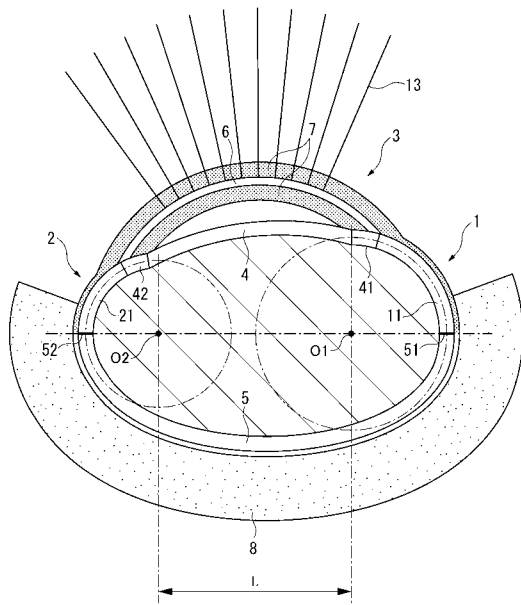
【図 4】



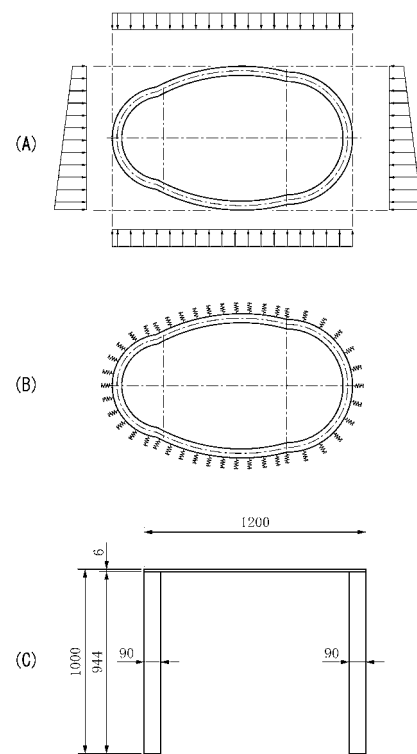
【図 5】



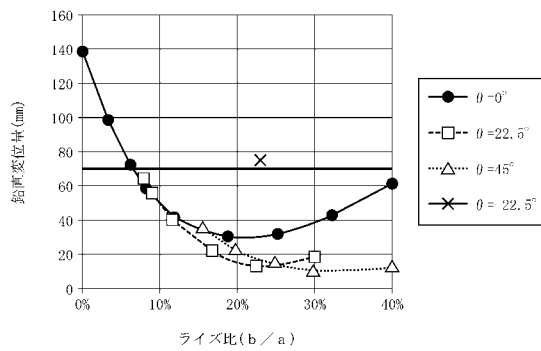
【図 6】



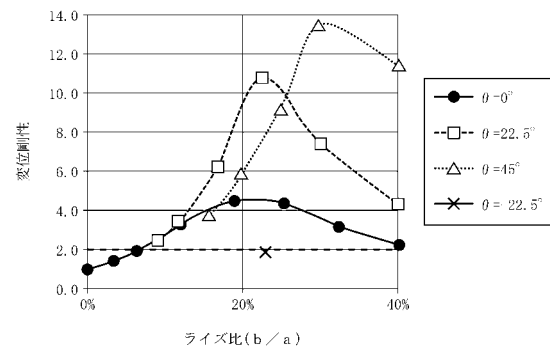
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 佐田 崇

東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日本製鐵株式会社内

審査官 桐山 愛世

(56)参考文献 特開2004-169474(JP,A)

特許第2755772(JP,B2)

特開2008-095473(JP,A)

大深度トンネル技術検討委員会,第2回委員会資料 施工技術に関する技術,第2回委員会資料

施工技術に関する技術,日本,国土交通省 関東地方整備局 道路部,2005年12月 5
日,第5-6頁

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

E21D 9/06

E21D 9/04

E21D 11/04