

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6042708号
(P6042708)

(45) 発行日 平成28年12月14日(2016. 12. 14)

(24) 登録日 平成28年11月18日(2016. 11. 18)

(51) Int. Cl.
E 2 1 D 11/10 (2006.01)

F 1
E 2 1 D 11/10 Z

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-266050 (P2012-266050)	(73) 特許権者	505398941
(22) 出願日	平成24年12月5日(2012. 12. 5)		東日本高速道路株式会社
(65) 公開番号	特開2014-111861 (P2014-111861A)		東京都千代田区霞が関三丁目3番2号
(43) 公開日	平成26年6月19日(2014. 6. 19)	(73) 特許権者	505398952
審査請求日	平成27年12月7日(2015. 12. 7)		中日本高速道路株式会社
			愛知県名古屋市中区錦二丁目18番19号
		(73) 特許権者	505398963
			西日本高速道路株式会社
			大阪府大阪市北区堂島一丁目6番20号
		(73) 特許権者	507194017
			株式会社高速道路総合技術研究所
			東京都町田市忠生一丁目4番地1
		(73) 特許権者	305027401
			公立大学法人首都大学東京
			東京都新宿区西新宿二丁目3番1号
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 道路トンネルにおけるインバート施工方法及びインバート

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

以下の工程を含むことを特徴とする道路トンネルにおけるインバート施工方法、即ち、
(1) トンネル(1)内の走行車線(2)の原幅員(W₁)を該トンネル断面の中心線(C₁)から一時的に隣接車線(3)内に拡げて走行用の一次拡幅車線(4)と掘削用の一次実作業エリア(5)を画定し、

(2) 該一次実作業エリア(5)の一次路盤(6)を、インバート施工の必要とされる車線長にわたり、覆工(7)の該一次実作業エリア(5)側の一次基端部(8)も露出するように、一次掘削し、

(3) 該一次掘削により現出した一次凹所(9)からトンネル断面の該中心線(C₁)を横断して該一次拡幅車線(4)のある二次路盤(10)中に直鋼管(11)を挿設し、

(4) 該一次凹所(9)の底面上に一次基材(12)を配し、該一次基材(12)の上面に一次コンクリート(13)をインバートとして要求される半径(r)の曲線(V)に沿い打設して該直鋼管(11)の該一次凹所(9)内の残留部(14)を該一次基端部(8)と結合し、

(5) 該一次コンクリート(13)上を埋め戻し、該一次路盤(6)を再成して表面に仮舗装(15)を施し、

(6) 該隣接車線(3)の幅員を該走行車線(2)側へ拡げて走行用の二次拡幅車線(16)と掘削用の二次実作業エリア(17)を画定し、

(7) 該二次実作業エリア(17)側で該一次凹所(9)の存在した場所に対向する場所の該二次路盤(10)を、該覆工(7)の該二次実作業エリア(17)側の二次基端部(18)及び該二次路盤(

10

20

10)中に延びている該直鋼管(11)の他端部(19)が露出するように、二次掘削し、

(8) 該二次掘削により現出した二次凹所(20)の底面上に二次基材(21)を配し、該二次基材(21)の上面に二次コンクリート(22)をインバートとして要求される半径(r)の曲線(V)に沿って打設して該直鋼管(11)の該他端部(19)を該二次基端部(18)と結合し、

(9) 該二次コンクリート(22)上を埋め戻して該二次路盤(10)を再成し、そして、

(10) 該一次路盤(6)と該二次路盤(10)にわたって本舗装(24)を施し、それぞれ変幅された該走行車線(2)と該隣接車線(3)の幅員をそれぞれ原状の幅員(W_1)に復させる。

【請求項2】

該一次基端部(8)を露出させる一次掘削に際し、一次足付けコンクリート(41)用の一次凹部(42)も形成される請求項1に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法。

10

【請求項3】

該二次基端部(18)を露出させる二次掘削に際し、二次足付けコンクリート(43)用の二次凹部(44)も形成される請求項1又は2に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法。

【請求項4】

該直鋼管(11)は該一次基端部(8)と、該一次凹部(42)内に該一次足付けコンクリート(41)を該一次基端部(8)と一体に形成しかつ該直鋼管(11)の該一次凹所(9)内の該残留部(14)と該一次足付けコンクリート(41)にわたり該一次コンクリート(13)を打設して、結合される請求項1又は2に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法。

【請求項5】

20

該直鋼管(11)は該二次基端部(18)と、該二次凹部(44)内に該二次足付けコンクリート(43)を該二次基端部(18)と一体に形成しかつ該直鋼管(11)の該二次凹所(20)内の該他端部(19)と該二次足付けコンクリート(43)にわたり該二次コンクリート(22)を打設して、結合される請求項1、2、3又は4に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法。

【請求項6】

請求項1に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法によって形成されたインバートであって、

トンネル断面の中心線(C_1)を跨いでその両側へ延出している直鋼管(11)と、

該直鋼管(11)の該一次凹所(9)内の残留部(14)と該二次凹所(20)内の他端部(19)を、トンネル覆工(7)の一次及び二次基端部(8,18)と各別に結合している一次及び二次コンクリート(13,22)を包含し、

30

該一次及び二次コンクリート(13,22)がインバートとして要求される同一の曲線(V)に沿って整列され、該直鋼管(11)はその軸線が該曲線(V)の弦を呈するような状態で配置されている

ことを特徴とするインバート。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は道路トンネルにおける改良されたインバート施工方法及びこの施工方法によって構成されるインバートにかかる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0002】

本発明の発明者等は先に、走行車線の拡幅をすることによって高速走行に支障を来すことなく実施できる道路トンネルのインバート施工方法及びインバートの発明に関し特許出願をし、特開2010-180565号公報に詳細が開示されている。以下の説明では、この公開された発明を「出願発明」ということにする。

【0003】

この出願発明では、インバートの曲線(V)上に、一次コンクリート(10a)、鋼管(5)及び二次コンクリート(10b)がこの順序で一体となって配置され、インバートを構成している

50

。インバートはトンネル構造を円形に近づけて安定形状にするため、円周上に配置されるのが技術常識となっている。当然のことながら、この出願発明でも、鋼管(5)はこの円周を軸線とするように曲げ加工されたものが採用されており、その事実は同公報の下記の記載から明らかである。

【0004】

段落0010：2～4行、「本発明で、インバートの構成部材である該鋼管は、インバートとして要求される曲線に沿うように湾曲成形されており、」

段落0012：3行目、「パイプをインバートの湾曲形状に適合させ、」

段落0015：4～5行、「該二次掘削により現出した二次凹所内に露出した該鋼管の端部を該覆工の該二次狭幅車線側の該二次基端部と該曲線上で結合する。」 10

段落0035：(2)この一次掘削により現出した一次凹所4aから一次拡幅車線2aの二次路盤Gb中に曲線Vに沿って湾曲した鋼管5を配備する。

段落0036：1～2行、「インバートの構成部材である鋼管5は、インバートとして要求される曲線Vに沿うように湾曲成形されており、」

図面、図2～5：「5：鋼管」

【0005】

【特許文献1】特開2010-180565号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

出願発明のインバート形成方法では、一次凹所の掘削は底面がインバートの曲線に沿うようになされるので、極めて厄介な作業となっている。また、曲鋼管を採用しているため、工場での曲げ加工が必要で、運搬もしにくく、一次凹所から走行車線側へインバートの曲線上に通す作業も至難の業で、コスト高となっている。本発明はこのような課題を解決することを目的に開発されたものである。

【0007】

出願発明の特許請求の範囲には「鋼管」と記載されているが、そこでの鋼管は下位概念の曲鋼管だけを対象にしており、同じ下位概念で並立する直鋼管はインバートの技術常識から外れるため、この技術分野では豪も念頭に置かれていなかった。本発明の発明者等は、曲鋼管を採用する限りこれらの課題を解決できないことに気づき、敢えて技術常識に反する直鋼管に挑戦したものである。直鋼管や曲鋼管は押送機を用いた圧入、穿孔による挿入、開削による設置等で所定位置に配置されるが、以下の説明では単に「挿設」と表現する。 30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る道路トンネルにおけるインバート施工方法は、以下の工程を含むことを特徴とする。即ち、

(1)トンネル内の走行車線の前幅員を該トンネル断面の中心線から一時的に隣接車線内に拡げて走行用の一次拡幅車線と掘削用の一次実作業エリアを画定する。

(2)該一次実作業エリアの一次路盤を、インバート施工の必要とされる車線長にわたり、覆工の該一次実作業エリア側の一次基端部も露出するように、一次掘削する。 40

(3)該一次掘削により現出した一次凹所からトンネル断面の該中心線を横断して該一次拡幅車線のある二次路盤中に直鋼管を挿設する。

(4)該一次凹所の底面上に基材を配し、該基材の上面に一次コンクリートをインバートとして要求される半径の曲線に沿い打設して該直鋼管の該一次凹所内の残留部を該一次基端部と結合する。

(5)該一次コンクリート上を埋め戻し、該一次路盤を再成して表面に仮舗装を施す。

(6)該隣接車線の幅員を該走行車線側へ拡げて走行用の二次拡幅車線と掘削用の二次実作業エリアを画定する。

(7)該二次実作業エリア側で該一次凹所の存在した場所に対向する場所の該二次路盤を 50

、該覆工の該二次実作業エリア側の二次基端部及び該二次路盤中に延びている該直鋼管の他端部が露出するように、二次掘削する。

(8) 該二次掘削により現出した二次凹所の底面上に基材を配し、該基材の上面に二次コンクリートをインバートとして要求される半径の曲線に沿い打設して該直鋼管の該他端部を該二次基端部と結合する。

(9) 該二次コンクリート上を埋め戻して該二次路盤を再成する。そして、

(10) 該一次路盤と該二次路盤にわたって本舗装を施し、それぞれ変幅された該走行車線と該隣接車線の幅員をそれぞれ原状の幅員に復させる。

【0009】

本発明では直鋼管を採用しているので、一次凹所からトンネル断面の該中心線を横断して二次路盤中に挿設する作業を、曲鋼管の場合に比べ遥かに簡単に行える。 10

【0010】

先願発明でも述べたように、インバートは底盤からの力に対して曲線により軸力に変換して力を軸力として伝達する部材であることから、中央の継ぎ目を確実にすることが重要である。本発明で、インバートの構成部材である該直鋼管は該一次凹所から該一次拡幅車線の該路盤中にトンネル断面の中心線を横断して配備されるので、従来工法におけるように、トンネルの中心線を挟んで片側ずつ形成されたインバート構成体をトンネルの中心線上で接続してインバートとする必要はない。そのため、インバートの施工に際し、走行車線の幅員はトンネルの中心線を越えて隣接車線側に拡張でき、インバート施工作業は先ず一次実作業エリアで行われるので、一般交通における制限速度内の走行の場合は勿論、高速道路における速度制限内の高速走行の場合でも安全を確保でき、渋滞の発生を防止できる。 20

【0011】

ここでいう「隣接車線」とはトンネル内に複数の並行車線がある場合に成立つ表現で、対面二車線の場合は対向車線が隣接車線となり、複数車線が同方向へ車両を走行させる場合は追越車線や走行車線となる。

【0012】

該直鋼管は該一次凹所内の該残留部が該一次基端部と結合されることによって該覆工と一体化する。この結合は、該残留部及び該一次基端部にわたり該曲線に沿いコンクリートを打設してなされる。該残留部は外面を異形にする等によってコンクリートとの付着力を高めるのが好ましい。また、該一次基端部との連結部は通常のインバートの場合と同様でよい。該残留部と該一次基端部の結合を終えたら、該一次凹所を埋めて該一次路盤を再成する。掘削土砂を埋め戻してもよいが、新たな土砂を持ち込んで埋めてもよい。 30

【0013】

該一次路盤の再成を終えたら、次は該一次拡幅車線側の施工となる。該隣接車線の幅員を該一次実作業エリア側から該一次拡幅車線の内幅員内に拡げ、走行用の二次拡幅車線と掘削用の二次実作業エリアを画定する。このように、インバートの施工で路盤を掘削される側には二次実作業エリアが画定され、供用する側の車線の幅員は常に広く確保されるので、工事中であっても車両の高速走行に何ら支障を及ぼさない。

【0014】

インバートは該覆工の該一次及び二次基端部間の曲線に沿って設置されるので、該二次実作業エリア側で該一次掘削の該一次凹所に対向する場所の二次路盤を、該覆工の該二次実作業エリア側の該二次基端部及び該二次実作業エリア側の該二次路盤中に延びている直鋼管が露出するように、二次掘削する。該二次掘削により現出した該二次凹所内に露出した該直鋼管の他端部を、該曲線に沿い二次コンクリートを打設して、該二次基端部と結合する。そして、該二次凹所を埋めて該二次路盤を再成したら、該二次実作業エリア側の原走行車線と該二次拡幅車線の幅員を原幅員に戻す。 40

【0015】

かくして、該直鋼管がトンネル断面の中心線を横切って介在し、該直鋼管の両端部がインバートの曲線に沿って打設された該一次及び二次のコンクリートでそれぞれ該一次基端 50

部及び該二次基端部と一体となった、インバートにより補強された道路トンネルが完成する。

【0016】

(請求項2) 該一次基端部を露出させる一次掘削に際し、一次足付けコンクリート用の一次凹所を形成してもよい。

こうすると、一次凹所に一次足付けコンクリートを打設するので、一次足付けコンクリートをトンネル断面内に臨出させないで済む。

【0017】

(請求項3) 該二次基端部を露出させる二次掘削に際し、二次足付けコンクリート用の二次凹所を形成してもよい。

こうすると、二次凹所に二次足付けコンクリートを打設するので、二次足付けコンクリートをトンネル断面内に臨出させないで済む。

【0018】

(請求項4) 該直鋼管は該一次基端部と、該一次凹所内に該一次足付けコンクリートを該一次基端部と一体に形成しかつ該直鋼管の該一次凹所内の該残留部と該一次足付けコンクリートにわたり該一次コンクリートを打設して、結合されてもよい。

こうすると、該直鋼管は該一次基端部と該一次コンクリートにより確実に結合され、インバート機能を発揮する用意が整う。

【0019】

(請求項5) 該直鋼管は該二次基端部と、該二次凹所内に該二次足付けコンクリートを該二次基端部と一体に形成しかつ該直鋼管の該二次凹所内の該他端部と該二次足付けコンクリートにわたり該二次コンクリートを打設して、結合されてもよい。

こうすると、該直鋼管は該二次基端部と該二次コンクリートにより確実に結合され、該一次コンクリートによる該一次基端部との結合と相俟って、インバート機能を完全に発揮させることができる。

【0020】

(請求項6) 本発明にかかるインバートは、請求項1に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法によって形成されたインバートである。

このインバートは、トンネル断面の中心線を跨いでその両側へ延出している直鋼管と、該直鋼管の一次凹所内の残留部と該二次凹所内の他端部を、トンネル覆工の一次及び二次基端部と各別に結合している一次及び二次コンクリートを包含している。そして、該一次及び二次コンクリートがインバートとして要求される同一の曲線に沿って整列され、該直鋼管はその軸線が円弧の弦を呈するような状態で配置されている。

【0021】

このインバートによれば、トンネル断面の中心線を跨いでその両側へ延出させる鋼管を直鋼管としたので、曲鋼管に比べ挿設作業が遥かに容易で、該直鋼管の残留部と端部が一次及び二次コンクリートでトンネル覆工の一次及び二次基端部と各別に結合しており、これらがインバートとして要求される同一の曲線に沿って整列されているので、インバートとしての強度は十分で、トンネル断面の中心線上での結合を必要とせず、従って作業中の車線の幅を狭めて走行車線の拡幅が可能で、高速走行に支障を生じない。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、直鋼管を採用しているので、一次凹所からトンネル断面の該中心線を横断して二次路盤中に挿設する作業を、曲鋼管の場合に比べ遥かに簡単に行える。

【0023】

請求項2によれば、一次凹所に一次足付けコンクリートを打設するので、一次足付けコンクリートをトンネル断面内に臨出させないで済む。

【0024】

請求項3によれば、二次凹所に二次足付けコンクリートを打設するので、二次足付けコンクリートをトンネル断面内に臨出させないで済む。

10

20

30

40

50

【0025】

請求項4によれば、該直鋼管は該一次基端部と該一次コンクリートにより確実に結合され、インバート機能を発揮する用意が整う。

【0026】

請求項5によれば、該直鋼管は該二次基端部と該二次コンクリートにより確実に結合され、該一次コンクリートによる該一次基端部との結合と相俟って、インバート機能を完全に発揮させることができる。

【0027】

請求項6の、請求項1に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法で形成したインバートによれば、トンネル断面の中心線を跨いでその両側へ延出させる鋼管を直鋼管としたので、曲鋼管に比べ挿設作業が遥かに容易で、該直鋼管の残留部と端部が一次及び二次コンクリートでトンネル覆工の一次及び二次基端部と各別に結合しており、これらがインバートとして要求される同一の円弧上の曲線に沿って整列されているので、インバートとしての強度は十分で、トンネル断面の中心線上での結合を必要とせず、従って作業中の車線の幅を狭めて走行車線の拡幅が可能で、高速走行に支障を生じない。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】インバート未施工状態の二車線トンネルの断面図で、掘削作業の順序を決めようとするものである。

【図2】一次掘削で一次凹部42と一次凹所9を形成して遮水シート51を敷き、一次凹所9から直鋼管11を一次拡幅車線4側の二次路盤10中に挿設した状態の断面図である。

【図3】直鋼管11の残留部14の状態と、一次足付けコンクリート41を形成した状態の断面図である。

【図4】遮水シート51上に基材12を入れ、この基材12の上面をインバートの曲線Vに沿う曲面に整え、一次コンクリート13を打設してカバー52、即ち直鋼管11と、一次足付けコンクリート41、即ち覆工7の一次基端部8を一体に結合し、一次路盤6を埋め戻して表面に仮舗装15を施した状態の断面図である。

【図5】インバートを一次拡幅車線4側に作成する工程の断面図で、二次凹所44を形成すると共に、二次掘削で直鋼管11の他端部19を二次凹所20内に露出させた状態を示す。

【図6】二次凹所20上に二次基材21を入れ、この二次基材21の上面をインバートの曲線Vに沿う曲面に整え、二次コンクリート22を打設して直鋼管11の他端部19を二次足付けコンクリート43、即ち覆工7の二次基端部18と一体に結合した状態の断面図である。

【図7】第一路盤6と第二路盤10にわたって本舗装24が施され、インバートが完成した状態の断面図である。

【図8】直鋼管の配列の一例である。

【図9】同別の例である。

【図10】本発明に係るインバートの強度を検証するためのシミュレーションの対象としたトンネルの概略断面図である。

【図11】一次及び二次コンクリート間に露出する各鋼管の直線長を2550mmとし、直鋼管、インバート半径が3種類の曲鋼管、及び一次と二次コンクリートのそれぞれに作用する応力を比較するためのもので、(a)は直鋼管の場合の断面図、(b)はインバート半径を10mとした曲鋼管の場合の断面図、(c)はインバート半径を7mとした曲鋼管の場合の断面図、(d)はインバート半径を5mとした場合の断面図である。

【図12】コンクリートの形状を、ケース1：アバット型Aと逆アーチ型B、ケース2：両方アバット型、ケース3：両方逆アーチ型Bの3種類とした場合を示す。

【図13】図12に示す3種類のコンクリート形状を採用した場合の各インバートに発生する応力をグラフにして検証したものである。検証結果は何れもR=7mのインバートを

対象としており、(a)は上段鋼管の上面の主応力(単位奥行き当たりの平均値)の場合で、(b)は下段鋼管の下面の主応力(単位奥行き当たりの平均値)の場合である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

本発明にかかる道路トンネルにおけるインバート施工方法は以下の工程を時系列的に包含している。

(1) トンネル1内の走行車線2の幅員 W_1 をこのトンネル断面の中心線C1から一時的に隣接車線3内に拡げて走行用の一次拡幅車線4と掘削用の一次実作業エリア5を画定する。

(2) この一次実作業エリア5の一次路盤6を、インバート施工の必要とされる車線長、即ちトンネルの軸線方向の長さにより、覆工7の一次実作業エリア5側の一次基端部8も露出するように、一次掘削する。

(3) この一次掘削により現出した一次凹所9からトンネル断面の中心線C1を横断して一次拡幅車線4のある二次路盤10中に直鋼管11を挿設する。

(4) この一次凹所9の底面上に基材12を配し、この基材12の上面に一次コンクリート13をインバートとして要求される半径 r の曲線Vに沿って打設して直鋼管11の一次凹所9内の残留部14を一次基端部8と結合する。

(5) この一次コンクリート13上を埋め戻し、一次路盤6を再成して表面に仮舗装15を施す。

(6) 隣接車線3の幅員を走行車線2側へ拡げて走行用の二次拡幅車線16と掘削用の二次実作業エリアを画定する。

(7) この二次実作業エリア17側で一次凹所9の存在した場所に対向する場所の二次路盤10を、覆工7の二次実作業エリア17側の二次基端部18及び二次路盤10中に延びている直鋼管11の他端部19が露出するように、二次掘削する。

(8) この二次掘削により現出した二次凹所20の底面上に基材21を配し、この基材21の上面に二次コンクリート22をインバートとして要求される半径 r の曲線Vに沿って打設して直鋼管11の他端部19を二次基端部18と結合する。

(9) 二次コンクリート22上を埋め戻して二次路盤10を再成する。そして、

(10) 一次路盤6と二次路盤10にわたって本舗装24を施し、それぞれ変幅された走行車線2と隣接車線3の幅員をそれぞれ原状の幅員 W_1 に復させる。

かくしてインバートが施工されて強度の上がったトンネルが提供される。

【0030】

この場合、直鋼管11を採用しているので、曲げ加工等は不要で、運搬等の取り扱いも容易で、一次凹所9からトンネル断面の中心線C1を横断して二次路盤10中に挿設する作業を、曲鋼管の場合に比べ遥かに簡単に行える。

【0031】

ここでいう「隣接車線」とは、先願発明でも述べたとおり、トンネル内に複数の並行車線がある場合に成立つ表現で、並行二車線の場合は対向車線が隣接車線となり、複数車線が同方向へ車両を走行させる場合は追越車線や走行車線となる。

【0032】

直鋼管11は一次凹所9内の残留部14が一次基端部8と結合されることによって覆工7と一体化する。この結合は残留部14及び一次基端部8にわたり曲線Vに沿って一次コンクリート13を打設してなされる。残留部14は外面を異形にして一次コンクリート13との付着力を高めるのが好ましい。また、一次コンクリート13と一次基端部8との連結部は、通常のインバートの場合と同様にして結合される。なお、コンクリートの代わりにそれぞれ曲げ加工をした鋼管や鋼材で結合することもできる。

【0033】

残留部14と一次基端部8の結合を終えたら、隣接車線3を再現するために一次凹所9を埋めて一次路盤6を再成する。掘削土砂を埋め戻してもよいが、新たな土砂を持ち込んで埋めてもよい。

10

20

30

40

50

【0034】

この一次路盤6の再成を終えたら、次は一次拡幅車線4側でのインバートの施工となる。まず、一次路盤6上に仮舗装15を施工し、一次掘削のため一時的に消失していた隣接車線3を仮に形成する。この消失していた隣接車線3を一次実作業エリア5側から一次拡幅車線4の原幅員W1内に拡幅し、走行用の二次拡幅車線16と掘削用の二次実作業エリア17を画定する。

【0035】

インバートは、トンネル中心線C1上に中心をおく半径rの円弧上で覆工7の一次及び二次基端部8、18間に設置されるので、二次実作業エリア17側で一次掘削の一次凹所9に対向する場所の二次路盤10を、覆工7の二次実作業エリア17側の二次基端部18及びこの二次実作業エリア18側の二次路盤10中に延びている直鋼管11が露出するように、二次掘削する。この二次掘削により現出した二次凹所20内に露出した直鋼管11の他端部19を、半径rの円弧の一部となる曲線Vに沿い二次コンクリート22を打設して、二次基端部18と結合する。

【0036】

この場合も、他端部19は外面を異形にして二次コンクリート22との付着力を高めるのが好ましい。また、二次コンクリート22と二次基端部18との連結部は、通常のインバートの場合と同様にして結合される。なお、コンクリートの代わりにそれぞれ曲げ加工をした鋼管や鋼材で結合することもできる。

【0037】

そして、この二次凹所20を埋めて二次路盤10を再成したら、一次路盤6と二次路盤10の上面に本舗装24を施し、走行車線2と隣接車線3の幅員を原幅員W1に戻す。

【0038】

かくして、直鋼管11がトンネル断面の中心線C1を横切って介在し、この直鋼管11の両端部が、インバートの曲線Vに沿って打設された一次及び二次のコンクリート13、22によってそれぞれ一次基端部8及び二次基端部18と一体となったインバートが形成され、道路トンネルの補強が完成する。

【0039】

インバートの施工に際し、先願発明と同様に、走行車線2の原幅員W1は中心線C1を越えて隣接車線3側に拡張でき、インバート施工作業は先ず幅員の狭くなった隣接車線3側で行われるので、一般交通における制限速度内の走行の場合は勿論、高速道路における速度制限内の高速走行の場合でも安全を確保でき、渋滞の発生を防止できる。

【0040】

(請求項2) 一次基端部8を露出させる一次掘削に際し、一次足付けコンクリート41用の一次凹所42を形成してもよい。

この場合、一次凹所42に一次足付けコンクリート41を打設するので、一次足付けコンクリート41をトンネル断面内に臨出させないで済む。

【0041】

(請求項3) 二次基端部18を露出させる二次掘削に際し、二次足付けコンクリート43用の二次凹所44を形成してもよい。

この場合、二次凹所42に二次足付けコンクリート41を打設するので、二次足付けコンクリート43をトンネル断面内に臨出させないで済む。

【0042】

(請求項4) 直鋼管11は一次基端部8と、一次凹所42内に一次足付けコンクリート41を一次基端部8と一体に形成しかつ直鋼管11の一次凹所9内の残留部14と一次足付けコンクリート41にわたり一次コンクリート13を打設して、結合されてもよい。

この場合、直鋼管11は一次基端部8と一次コンクリート13により確実に結合され、インバート機能を発揮する用意が整う。

【0043】

(請求項5) 直鋼管11は二次基端部18と、二次凹所44内に二次足付けコンクリート

43を二次基端部18と一体に形成しかつ直鋼管11の二次凹所20内の他端部19と二次足付けコンクリート43にわたり二次コンクリート22を打設して、結合されてもよい。

この場合、直鋼管11は二次基端部18と二次コンクリート22により確実に結合され、一次コンクリート13による一次基端部8との結合と相俟って、インバート機能を完全に発揮させることができる。

【0044】

(請求項6) ここで述べるインバートは、請求項1に記載の道路トンネルにおけるインバート施工方法によって形成されたインバートである。

このインバートは、トンネル断面の中心線C1を跨いでその両側へ延出している直鋼管11と、この直鋼管11の一次凹所9内の残留部14と二次凹所20内の他端部19を、トンネル覆工7の一次及び二次基端部8、18と各別に結合している一次及び二次コンクリート13、22を包含している。そして、これらの一次及び二次コンクリート13、22は、トンネル断面の中心線C1上に中心を有するインバートの半径rの円弧上に位置する各別の曲線Vに沿って整列され、直鋼管11はその軸線が半径rの円弧の弦を呈するような状態で配置されている。

【0045】

このインバートによれば、トンネル断面の中心線C1を跨いでその両側へ延出させる鋼管11を直鋼管としたので、曲鋼管に比べ挿設作業が遥かに容易で、直鋼管11の残留部14と他端部19が一次及び二次コンクリート13、22でトンネルの覆工7の一次及び二次基端部8、18と各別に結合しており、これらがインバートとして要求される同一の半径rの曲線に沿って整列されているので、インバートとしての強度は十分で、トンネル断面の中心線C1上での結合を必要とせず、従って作業中の車線の幅を狭めて走行車線の拡幅が可能で、高速走行に支障を生じない。

【0046】

以上の説明において、61は排水路、62は仮設のガードレール、63は側溝、64は監査路、65は土留めである。

【0047】

この実施の形態に関するインバート効果を、図10に示すようなトンネルの解析モデルを対象として検証した。

【0048】

図11の(a)及び(b)を参照して分かる通り、インバートを挟む両側のコンクリートの形状はアバット型Aと逆アーチ型Bがある。(a)は本発明に係る直鋼管を用いた場合で、両側がアバット型Aになっているのに対し、(b)から(d)は曲鋼管を採用した場合で、一方がアバット型Aで他方が逆アーチ型Bとなっており、インバートの半径は10m、7m及び5mの3種類に変えられた場合である。

【0049】

このインバートの形状の相違が応力に差を生じないことは、図12に示した検証条件のコンクリート形状の異なるケース1、2及び3の検証結果である、図13(a)の上段鋼管の上面の主応力分布と同(b)の下段鋼管の下面の主応力分布を示すグラフで3つのケースがほぼ同一曲線上に並んでいることから理解できよう。

【0050】

このように、インバート効果は直及び曲の鋼管、一次及び二次の各コンクリートに作用する応力で比較され、応力が最小の場合は力が一番かかっていない、即ち最も耐力の高い構造となる。

【0051】

各場合のシミュレーションの結果は、表1に示すとおりであった。この結果は、孔を穿って直鋼管と曲鋼管を挿設した場合である。

【0052】

【表 1】

ケースの最大応力値

単位:MPa

	鋼管部		コンクリート部	
	最大引張応力	最大圧縮応力	最大引張応力	最大圧縮応力
ケース1 (R=10m)	34.3	44.5	51.4	37.5
ケース2 (直線)	29.6	33.6	48.4	35.6
ケース3 (R=7m)	35.9	49.0	51.6	37.7
ケース4 (R=5m)	38.1	54.2	53.9	38.8

この表で分かるとおり、鋼管部が直鋼管の場合は最大引張応力、最大圧縮応力共、曲鋼管の場合より小さく、力がかかっていないことになり、最も耐力の高い構造と考えられる。

【0053】

直及び曲の鋼管の挿設に際し、予め穿孔する場合に付き、削孔時間も比較した。曲鋼管の場合は表2に示すとおりであった。

【0054】

【表2】

1本辺りの削孔サイクルタイム

		想定地山			備考
		脆弱層		軟岩	
		1N/mm ²	10N/mm ²	24N/mm ²	
①	平均削孔速度(m/分)	0.10	0.03	0.02	前掲3.4.10
②	削孔長(m)	3.3	3.3	3.3	
③	継足し回数(回)	3	3	3	
④	1回辺り継足し時間(分)	15	15	15	前掲3.3.4
サイクルタイム(分)	削孔時間	32.8	126.9	214.3	②÷①
	継足し時間	45	45	45	③×④
	計	77.8	171.9	259.3	

この表から、一般的な地山の一軸圧縮強度である10N/mm²の場合、1～4の条件で削孔時間は126.9分、継足し時間は45分で、合計171.9分となった。

そして、直鋼管の場合は、表3に示すとおりであった。

【0055】

【表3】

直線の削孔タイム

(cm)	地 山 条 件												
	$\sigma=10\text{N/mm}^2$				$\sigma=1\sim 2\text{N/mm}^2$			$\sigma=1\sim 2\text{N/mm}^2$?Gmax100mm		$\sigma=20\text{N/mm}^2$			
実験ケース	10a1	10b1	10b3	10a2	1a	1b1	1b2	1gb1	1gb3	20b1	20b2	20a1	20a2
鋼管φ	216mm	165mm	165mm	216mm	216mm	165mm	165mm	165mm	165mm	165mm	165mm	216mm	216mm
削孔時間	58分	36分	16分	57分	14分	7分	11分	35分	30分	41分	28分	88分	90分
鋼管継足時間	11分	12分	10分	12分	10分	9分	11分	8分	8分	10分	8分	11分	11分
ロッド回収時間	11分	10分	6分	9分	5分	3分	4分	5分	5分	6分	6分	5分	5分
フラッシング	3分	6分	2分	2分	—	—	—	4分	2分	10分	2分	9分	9分
清掃(洗浄、他)	10分	18分	10分	10分	8分	3分	4分	2分	10分	13分	10分	8分	8分
合計時間	93分	83分	44分	90分	37分	22分	30分	55分	56分	80分	54分	123分	123分
実施日	5月25日	5月18日	5月23日	5月25日	5月24日	5月22日	5月23日	5月22日	5月24日	5月21日	5月22日	5月25日	5月21日
実施順番	(15)	(1)	(14)	(13)	(11)	(8)	(9)	(7)	(12)	(4)	(6)	(10)	(5)

地山条件は4種類挙げたが、応力10N/mm²の場合の2例の平均値を曲鋼管との比較に採用した。なお、この応力10N/mm²の場合で、表中の「10a1」の意味は、「10」が10N/mm²の地山、「a」がφ216の直鋼管、「1」が試験の実施回数

で、 10 N/mm^2 の地山に、 $\phi 216$ の直鋼管で、1回実験をしたことを意味する。
 ちなみに、「10b2」は、 10 N/mm^2 の地山に、 $\phi 165$ の直鋼管で、2回実験をしたことを意味する。

両者の考察の結果を表4に示す。

【0056】

【表4】

	$\sigma=10\text{ N/mm}^2$	
	当初	変更
鋼管径 ϕ	216mm	216mm
削孔時間(分)	126.9	57.5
鋼管継足時間(分)	45.0	11.5
合計時間(分)	171.9	69.0

この表4で、「変更」の欄の数値は、次の段落0055で示す表5の2回の検証結果の数値の平均値である。

この結果から、直線で穿孔した場合に要した時間69分に比べ、曲線で穿孔した場合に要した時間である約172分の半分以下となっている。

【0057】

【表5】

(変更分の根拠)	
1回目	2回目
216mm	216mm
58.0	57.0
11.0	12.0

この表5は、表4の平均値を示す根拠となった2回の検証の数値を示すものである。

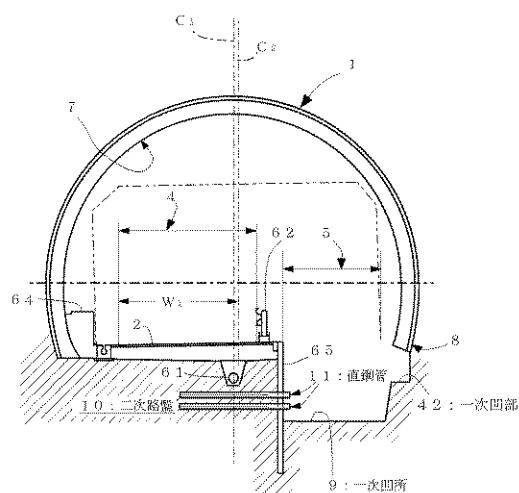
【符号の説明】

【0058】

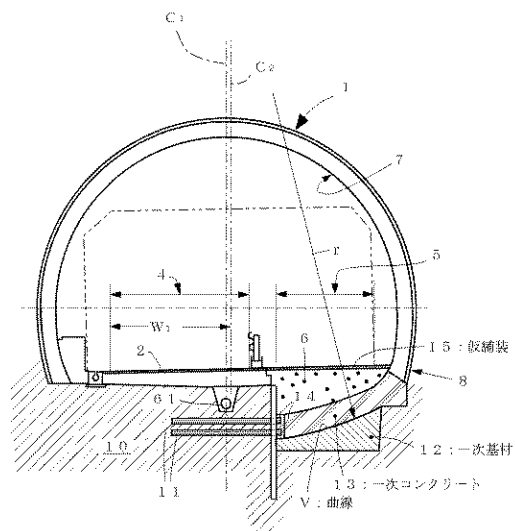
- 1 トンネル
- 2 走行車線
- 3 隣接車線
- 4 一次拡幅車線
- 5 一次実作業エリア
- 6 一次路盤
- 7 覆工
- 8 一次基端部
- 9 一次凹所
- 10 二次路盤
- 11 直鋼管
- 12 一次基材
- 13 一次コンクリート
- 14 残留部
- 15 仮舗装
- 16 二次拡幅車線
- 17 二次実作業エリア

- 10

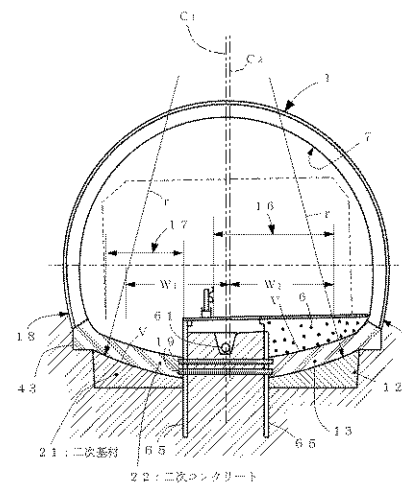
【図 2】



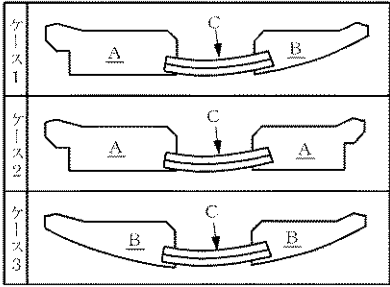
【図 4】



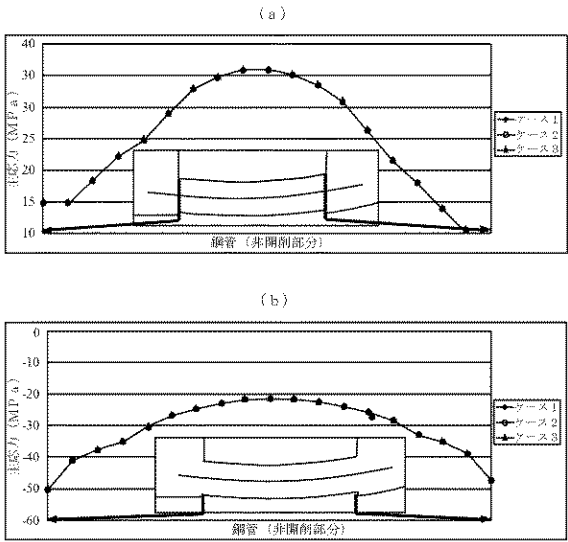
【図 6】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

- (73)特許権者 391023518
一般社団法人日本建設機械施工協会
東京都港区芝公園三丁目5番8号 機械振興会館内
- (74)代理人 100067688
弁理士 中村 公達
- (72)発明者 大津 敏郎
東京都町田市忠生1丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内
- (72)発明者 岩尾 哲也
東京都町田市忠生1丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内
- (72)発明者 小川 澄
東京都町田市忠生1丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内
- (72)発明者 西村 和夫
東京都八王子市南大沢一丁目1番 公立大学法人首都大学東京 南大沢キャンパス内
- (72)発明者 土門 剛
東京都八王子市南大沢一丁目1番 公立大学法人首都大学東京 南大沢キャンパス内
- (72)発明者 安井 成豊
静岡県富士市大淵3154 一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

審査官 苗村 康造

- (56)参考文献 特開2010-180565 (JP, A)
特開平10-159491 (JP, A)
特開平11-303592 (JP, A)
特開2000-145390 (JP, A)
特開2000-257389 (JP, A)
特開平10-220186 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
E21D 11/00～ 19/06