

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4041232号  
(P4041232)

(45) 発行日 平成20年1月30日(2008.1.30)

(24) 登録日 平成19年11月16日(2007.11.16)

(51) Int.Cl. F 1  
E 2 1 D 11/14 (2006.01) E 2 1 D 11/14

請求項の数 4 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平10-326618 (22) 出願日 平成10年11月17日(1998.11.17) (65) 公開番号 特開2000-145385(P2000-145385A) (43) 公開日 平成12年5月26日(2000.5.26) 審査請求日 平成16年9月1日(2004.9.1)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号 (74) 代理人 100107250 弁理士 林 信之 (72) 発明者 三宅 正人 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株 式会社 技術開発本部内 (72) 発明者 広沢 規行 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株 式会社 技術開発本部内 (72) 発明者 佐々木 道夫 千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株 式会社 技術開発本部内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 鋼製セグメント

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直径1.5m以上のシールドトンネルに用いられる鋼製セグメントであって、  
トンネル内空側と地山側に間隔をあけて配置される一対の面材と、  
前記鋼製セグメントの軸方向内側に配置され、前記一対の面材に固定されると共に前記一対の面材の間隔を保持する内部連結材と、  
前記面材のトンネル円周方向の端部に配置され、トンネル円周方向に隣接するセグメントとの連結する周方向端部額縁材と、  
前記鋼製セグメントの軸方向端部に配置され、前記一対の面材に固定され、前記一対の面材の間隔を保持し、トンネル軸方向に隣接するセグメントとの連結をする軸方向端部連結材と、  
で構成され、  
トンネル完成時にセグメントに作用する圧縮力と曲げモーメントおよびトンネル施工時にセグメントに作用する推進用ジャッキの反力に前記一対の面材で抵抗させ、  
トンネル完成時にセグメントに作用するせん断力に前記各連結材で抵抗させるように構成し、  
前記軸方向端部連結材には、軸方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔と、ボルトを締めつけるための作業孔が設けられ、  
前記周方向端部額縁材には、周方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔が設けられ、

10

20

前記各連結材には、セグメント同士を連結するボルト締め作業のための半円形切欠部として構成され、適当な補強がなされたマンホールが周方向端部においてそれぞれ形成されていることを特徴とする鋼製セグメント。

【請求項 2】

前記鋼製セグメントの軸方向両端部に配置された軸方向端部連結材の代わりに、前記鋼製セグメントの軸方向端部に、対向する前記周方向端部額縁材間にわたって、面材の軸方向端部に沿ってトンネル周方向に配設され、トンネル軸方向に隣接するセグメントとの連結をする軸方向端部額縁材と、で構成され、

前記内部連結材が軸方向に所定の間隔をもって複数配置され、

前記軸方向端部額縁材には、軸方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の鋼製セグメント。

10

【請求項 3】

補剛リブが、前記軸方向端部額縁材と前記内部連結材との間、及び、隣り合う前記内部連結材同士との間を、トンネル周方向に間隔をおいて平行に配設されて、前記軸方向端部額縁材および前記内部連結材並びに前記一对の面材のうちの内側の面材または外側の面材に溶接等により固着されていることを特徴とする請求項 2 に記載の鋼製セグメント。

【請求項 4】

前記軸方向端部額縁材及び前記周方向端部額縁材には、軸方向及び周方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔が設けられ、

前記内部連結材が、トンネル軸方向に間隔をおいて平行に配置されると共にトンネル周方向に間隔をおいて配置された多数のトラス斜材であることを特徴とする請求項 2 に記載の鋼製セグメント。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、シールドトンネルに使用される鋼製セグメントに関するものであり、特にシールドトンネルの直径が 15 m 以上にも達するような大断面のシールドトンネルで、従来の直径 6 m 以下のシールドトンネルに比べてセグメントに作用する荷重が大きい場合およびその断面形状が従来の円形のみならず楕円形、馬蹄形、矩形などの異形断面となりセグメントに作用する曲げモーメントが大きい場合に適した鋼製セグメントに関するものである

30

【0002】

【従来技術】

図 1 に示すシールドトンネル用の覆工体として従来用いられてきた鋼製セグメント 5 は、主桁 1、1 a、多数の縦リブ 2、スキンプレート 3、一对の継手板 4 により構成されて、必要に応じて 2 本以上の主桁が設置されている構成である。

主桁 1、1 a は、スキンプレート 3 および縦リブ 2 を介して主桁 1、1 a に伝達される土圧および水圧により発生するトンネル円周方向断面の圧縮力、曲げモーメントおよびせん断力に抵抗すること、および外側に設置された主桁 1 a はトンネル軸方向に隣接するセグメントとボルトでセグメント相互を連結するための連結材としての機能を果たす。

40

縦リブ 2 は、主桁 1、1 a と協働して土圧および水圧が直接作用するスキンプレート 3 の固定点としての機能およびシールドトンネルの施工時にシールドマシンを推進するためのジャッキの反力を受ける機能を果たす。

スキンプレート 3 は、土圧および水圧を直接的に受け止めて主桁 1、1 a および縦リブ 2 に伝達する機能およびトンネル内部に地下水を侵入させないための遮水材としての機能、さらに主桁 1、1 a および縦リブ 2 を補助する機能を果たす。

継手板 4 は、トンネル円周方向に隣接するセグメントとボルトにより連結するための連結材としての機能を果たす。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

50

前記の機能を有する各部材を溶接により接合して鋼製セグメントは構成されているが、特に縦リブ2は数も多く鋼製セグメント総重量の20～30%の重量を占めており、組立てにも時間がかかるとことから鋼製セグメントのコストダウンの大きな障害となっていた。

【0004】

さらに、大断面のシールドトンネルでは鋼製セグメントに作用する圧縮力、曲げモーメントおよびせん断力が大きくなるためこれに従って主桁1、1aの断面も大きくなる必要に迫られるが、主桁1、1aの断面の高さ(鋼製セグメントの厚さ)を大きくして曲げモーメントに対して有効に抵抗しようとすると同時に作用する圧縮力により主桁の座屈が問題となり、補剛材を配置して座屈を防止するため鋼製セグメントに使用する部材数が増加し、鋼製セグメントの重量も増加するため鋼製セグメントのコストがアップする原因となる。

10

また、トンネルの径に対して断面積は2乗で大きくなるために、シールドマシンを推進するジャッキの反力も断面積に比例して大きくなるため鋼製セグメント総重量に占める縦リブ2の割合は、従来の6m径以下シールドトンネル用の鋼製セグメントに比較すると大きくなり、鋼製セグメントのコストがアップする原因となる。

そこで、本発明は、近年、大断面化および異形断面化が進むシールドトンネル用として、トンネル覆工体として必要な強度および機能を発揮する安価な鋼製セグメントを提供することを目的としている。

【0005】

【課題を解決するための手段】

20

図2～図5のいずれかに示す本発明の鋼製セグメントは、直径1.5m以上のシールドトンネルに用いられる鋼製セグメントであって、トンネル内空側と地山側に間隔をあけて配置される一対の面材と、前記鋼製セグメントの軸方向内側に配置され、前記一対の面材に固定されると共に前記一対の面材の間隔を保持する内部連結材と、前記面材のトンネル円周方向の端部に配置され、トンネル円周方向に隣接するセグメントとの連結する周方向端部額縁材と、前記鋼製セグメントの軸方向端部に配置され、前記一対の面材に固定され、前記一対の面材の間隔を保持し、トンネル軸方向に隣接するセグメントとの連結をする軸方向端部連結材と、で構成され、トンネル完成時にセグメントに作用する圧縮力と曲げモーメントおよびトンネル施工時にセグメントに作用する推進用ジャッキの反力に前記一対の面材で抵抗させ、トンネル完成時にセグメントに作用するせん断力に前記各連結材で抵抗させるように構成し、前記軸方向端部連結材には、軸方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔と、ボルトを締めつけるための作業孔が設けられ、前記周方向端部額縁材には、周方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔が設けられ、前記各連結材には、セグメント同士を連結するボルト締め作業のための半円形切欠部として構成され、適当な補強がなされたマンホールが周方向端部においてそれぞれ形成されていることを特徴とする。

30

このとき、前記鋼製セグメントの軸方向両端部に配置された軸方向端部連結材の代わりに、前記鋼製セグメントの軸方向端部に、対向する前記周方向端部額縁材間にわたって、面材の軸方向端部に沿ってトンネル周方向に配設され、トンネル軸方向に隣接するセグメントとの連結をする軸方向端部額縁材と、で構成され、前記内部連結材が軸方向に所定の間隔をもって複数配置され、前記軸方向端部額縁材には、軸方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔が設けられていてもよい。

40

また、このとき、補剛リブが、前記軸方向端部額縁材と前記内部連結材との間、及び、隣り合う前記内部連結材同士との間を、トンネル周方向に間隔をおいて平行に配設されて、前記軸方向端部額縁材および前記内部連結材並びに前記一対の面材のうちの内側の面材または外側の面材に溶接等により固着されていてもよい。

また、このとき、前記軸方向端部額縁材及び前記周方向端部額縁材には、軸方向及び周方向に隣接するセグメントを連結するためのボルト孔が設けられ、前記内部連結材が、トンネル軸方向に間隔をおいて平行に配置されると共にトンネル周方向に間隔をおいて配置された多数のトラス斜材であってもよい。

50

なお、本発明の鋼製セグメントでは、トンネル内空側の面材を内側フランジ6、地山側の面材を外側フランジ7、面材で構成された連結材をウェブ8、8aと称する。

【0006】

ウェブ8、8aで連結された内側フランジ6および外側フランジ7は、一体として挙動しトンネル円周方向の断面に作用する圧縮力および曲げモーメントに抵抗し、トンネル円周方向の断面に作用するせん断力にはウェブ8、8aが抵抗する。このように、内側フランジ6、外側フランジ7およびウェブ8、8aは一体として挙動し、従来の鋼製セグメントでは主桁1、1aが果たしていた機能を発揮する。

【0007】

外側フランジ7は、トンネルに作用する土圧および水圧を直接的に受けるとともに、トンネル内部への地下水の侵入を防ぐ遮水材の機能を有することから従来の鋼製セグメントのスキンプレート3が果たしていた機能をも発揮する。

10

【0008】

シールドトンネル施工中のシールドマシン推進用のジャッキ反力は内側フランジ6および外側フランジ7で受けるので、これらフランジは従来の鋼製セグメントの多数の縦リブ2が果たしていた機能をも発揮する。

【0009】

従来の鋼製セグメントにおいて、トンネル軸方向に隣接するセグメントとの連結材としての機能を果たしていた主桁1aの機能は、本発明による鋼製セグメントにおいてフランジのトンネル軸方向の端部に配置されるウェブ8aまたは額縁材9により発揮される。

20

また、従来の鋼製セグメントにおいて、トンネル円周方向に隣接するセグメントとの連結材としての機能を果たしていた継手板4の機能は、本発明による鋼製セグメントにおいてフランジのトンネル円周方向の端部に配置される額縁材9aにより発揮される。

【0010】

前記のウェブ8aおよびまたは額縁材9、9aをトンネル軸方向またはトンネル円周方向に隣り合うセグメント相互の連結材として用いることにより、トンネル軸方向に隣接するセグメントまたはトンネル円周方向に隣接するセグメントとの連結は、従来の鋼製セグメントで用いられていた方法により連結を行なうことが可能である。また、ウェブ8aおよび額縁材9、9aに止水用材料を設置するための溝10を設けて止水材を設置すれば、従来と同様の方法を用いて連結部のセグメント間からの漏水を防止することが可能である。

30

【0011】

【発明の実施の形態】

図2は本発明の鋼製セグメントにおける第1の実施形態を示す斜視図である。この実施形態の鋼製セグメントの場合は、所要厚の鋼製面板からなる内側フランジ6と外側フランジ7が間隔を置いて平行に配置され、これらの間においてトンネル長手方向に間隔を置いて平行に配置されると共に、トンネル周方向に延長する複数のウェブ8、8aの上端部(トンネル半径方向の外縁部)および下端部(トンネル半径方向の内縁部)が前記各フランジ6、7に溶接等により固着されることにより、前記内側フランジ6と外側フランジ7が間隔を保持された状態で一体化されている。

前記隣り合うウェブ8、8aの上端部および下端部にわたって、それぞれ狭巾の鋼製の額縁材9aが配置されて前記ウェブ8、8aおよび前記各フランジ6、7に溶接等により固着されている。

40

【0012】

前述のようにこの鋼製セグメントは、内側フランジ6、外側フランジ7、ウェブ8、ウェブ8a、額縁材9aにより構成されている。この鋼製セグメントの場合は、高さ800mm、幅1,600mm、長さ6,000mmである。この鋼製セグメントを適用するシールドトンネルの直径は20mであり、設計計算によれば鋼製セグメントの円周方向断面に作用する最大の圧縮力は380t/m、最大の曲げモーメントは185t\*m/m、最大のせん断力は125t/mである。また、シールドマシンを推進するために必要とされる推進ジャッキの反力は30,000tであり、鋼製セグメントの周長1m当たり478t

50

/ mの反力が作用する。

【 0 0 1 3 】

内側フランジ 6 および外側フランジ 7 には、板厚  $t = 22 \text{ mm}$  で材質 S M 4 9 0 材の面材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用する軸力と曲げモーメントにより面材の円周方向に最大  $2,000 \text{ kgf/cm}^2$  程度の圧縮応力度が内側フランジ 6 または外側フランジ 7 に発生する。また、施工時には推進ジャッキの反力として、内側フランジ 6 および外側フランジ 7 にトンネル軸方向に最大  $1,000 \text{ kgf/cm}^2$  の圧縮力が作用するが、シールドマシンが前進して当該セグメントと離れて行くところに作用する軸圧縮応力は減少する。

【 0 0 1 4 】

ウェブ 8 およびウェブ 8 a には板厚  $t = 12 \text{ mm}$ 、材質 S S 4 0 0 材の面材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用するせん断力により面材のトンネル半径方向に最大  $800 \text{ kgf/cm}^2$  程度のせん断応力度が発生する。また、ウェブ 8 a にはトンネル軸方向に隣接するセグメントと連結するためのボルト孔 1 1 およびボルトを締めつけるための作業孔 1 2 が設けられている。

ウェブ 8 およびウェブ 8 a にはトンネル軸方向および円周方向に隣接するセグメントと連結するためのボルト締め作業のため半円形切欠部等のマンホール 1 3 が設けられ、このマンホール部分は適当な補強がなされている（図示を省略した）。

セグメント同士を連結するためのボルト締め作業は、人力によっても良いし無人の機械化がなされれば好適である。さらに、ボルト結合以外の機械式などの連結装置によりボルト締め作業を排除できれば、ウェブ 8 a にボルト孔 1 1 設ける必要が無く、さらにウェブ 8 およびウェブ 8 a にマンホール 1 3 を設ける必要もない。

【 0 0 1 5 】

ウェブ 8 a および額縁材 9 a には、セグメントの接続部からの漏水を防止するためシール材を設置するための溝 10 を設けており、セグメント接続部の漏水防止に関しても従来の技術を用いることができる。

【 0 0 1 6 】

本実施形態には図示していないが、シールドトンネルと地山の間には裏込め充填を行なうための充填孔が必要な場合には内側フランジおよび外側フランジに開孔を設け、この開孔に連通するように配管を行えば、従来の鋼製セグメントと同じ方法で裏込め作業ができる。また、人力または無人機械化作業で連結用のボルトを締結する場合には、マンホールを設けてこの部分に適当な補強を施せばよく、さらに、トンネルの覆工完了後にセグメント内部にコンクリートを充填打設する必要がある場合には、コンクリート打設孔および空気抜き孔を内側フランジに設けこの部分に適当な補強を施せばよい。

これらシールドトンネル工事においてセグメントに必要とされる機能を本発明の鋼製セグメントに付加することは、本発明の効果になんら支障を与えるものではなく、本発明の一形態と見なすことができる。

【 0 0 1 7 】

図 3 は本発明の鋼製セグメントにおける第 2 の実施形態を示す斜視図である。この実施形態の鋼製セグメントの場合は、所要厚の鋼製面板からなる内側フランジ 6 と外側フランジ 7 が間隔をおいて平行に配置され、これらの間においてトンネル長手方向に間隔をおいて平行に配置されると共にトンネル周方向に延長する複数のウェブ 8 の上端部（トンネル半径方向の外縁部）および下端部（トンネル半径方向の内縁部）が前記各フランジ 6, 7 に溶接等により固着されることにより、前記内側フランジ 6 と外側フランジ 7 が間隔を保持された状態で一体化され、かつ前記ウェブ 8 は内側フランジ 6 の端部または外側フランジ 7 の端部から離れた位置に配設されている。前記隣り合うウェブ 8 の上端部および下端部にわたって、それぞれ狭巾の鋼製の額縁材 9 a が配置されて前記ウェブ 8 および各フランジ 6, 7 に溶接等により固着されていると共に、前記額縁材 9 a のトンネル軸方向の長さは前記内側フランジ 6 または外側フランジ 7 と同じ寸法に設定され、対向する額縁材 9 a 間にわたって、トンネル周方向に延長する狭巾の鋼製の額縁材 9 が配設されて、前記額

10

20

30

40

50

縁材 9 a および前記内側フランジ 6 と外側フランジ 7 に溶接等により固着されている。

【 0 0 1 8 】

前述のようにこの鋼製セグメントは内側フランジ 6、外側フランジ 7、ウェブ 8、フランジの周囲に配置された額縁材 9, 9 a により構成されている。この鋼製セグメントの場合、高さ 8 0 0 mm、幅 1, 6 0 0 mm、長さ 6, 0 0 0 である。この鋼製セグメントを適用するシールドトンネルの直径は 2 0 m であり、設計計算によれば鋼製セグメントの円周方向断面に作用する最大の圧縮力は 3 8 0 t / m、最大の曲げモーメントは 1 8 5 t \* m / m、最大のせん断力は 1 2 5 t / m である。また、シールドマシンを推進するために必要とされる推進ジャッキの反力は 3 0, 0 0 0 t であり、鋼製セグメントの周長 1 m 当たり 4 7 8 t / m の反力が作用する。

10

【 0 0 1 9 】

内側フランジ 6 および外側フランジ 7 には、板厚  $t = 22$  mm で材質 S M 4 9 0 材の面材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用する軸力と曲げモーメントにより面材の円周方向に最大  $2, 000$  kgf / cm<sup>2</sup> 程度の圧縮応力度が内側フランジ 6 または外側フランジ 7 に発生する。また、施工時には推進ジャッキの反力として、内側フランジ 6 および外側フランジ 7 にトンネル軸方向に最大  $1, 000$  kgf / cm<sup>2</sup> の圧縮力が作用するが、シールドマシンが前進して当該セグメントと離れて行くとその作用する軸圧縮応力は減少する。

【 0 0 2 0 】

ウェブ 8 には板厚  $t = 12$  mm、材質 S M 4 9 0 材の面材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用するせん断力により面材の半径方向に最大  $800$  Kg f / cm<sup>2</sup> 程度のせん断応力度が発生する。

20

ウェブ 8 にはトンネル軸方向および円周方向に隣接するセグメントと連結するためのボルト締め作業のためマンホール 1 3 が設けられ、このマンホール部分は適当な補強がなされており（図示を省略した）、フランジの周囲に配置された額縁材 9, 9 a に設けたボルト孔 1 1 を用いてボルトにより隣接するセグメントとの接続を行なうものである。

セグメント同士を連結するためのボルト締め作業は、人力によっても良いし無人の機械化がなされれば好適である。さらに、ボルト結合以外の機械式などの連結装置によりボルト締め作業を排除できれば、ウェブ 8 にマンホール 1 3 を設ける必要もない。

【 0 0 2 1 】

30

額縁材 9, 9 a には、セグメントの接続部からの漏水を防止するためシール材を設置するための溝 1 0 を設けており、セグメント接続部の漏水防止に関しても従来の技術を用いることができる。

第 2 の実施例は、第 1 の実施例に比べフランジ端部に設置されるウェブ 8 a が省略されることにより、鋼製セグメントの製作が容易になり、かつ、使用する鋼材の重量を少なくすることが可能である。

【 0 0 2 2 】

本実施形態には図示していないが、シールドトンネルと地山の間には裏込め充填を行なうための充填孔が必要な場合には内側フランジおよび外側フランジに開孔を設け、この開孔に連通するように配管を行なえば、従来の鋼製セグメントと同じ方法で裏込め作業を行なうことができる。

40

また、人力または無人機械化作業で連結用のボルトを締結する場合には、マンホールを設けてこの部分に適当な補強を施せばよく、さらに、トンネルの覆工完了後にセグメント内部にコンクリートを充填打設する必要がある場合には、コンクリート打設孔および空気抜き孔を内側フランジに設けこの部分に適当な補強を施せばよい。

これらシールドトンネル工事においてセグメントに必要な機能を本発明の鋼製セグメントに付加することは、本発明の効果になんら支障を与えるものではなく、本発明の一形態と見なすことができる。

【 0 0 2 3 】

図 4 は本発明の鋼製セグメントにおける第 3 の実施形態を示す斜視図である。この実施形

50

態の鋼製セグメントの場合は、所要厚の鋼製面板からなる内側フランジ6と外側フランジ7が間隔をおいて平行に配置され、これらの間においてトンネル長手方向に間隔をおいて平行に配置されると共にトンネル周方向に間隔をおいて配置された多数のトラス斜材14の上下端部(トンネル半径方向の外縁部および内縁部)が前記各フランジ6,7に溶接等により固着されることにより、前記内側フランジ6と外側フランジ7が間隔を保持された状態で一体化され、かつ前記トラス斜材14は内側フランジ6と外側フランジ7のトンネル軸方向両端部から中央よりに離れた位置に配設されている。

前記内側フランジ6と外側フランジ7の対向する内面側における縁部にそって、狭巾の鋼製板状の額縁材9,9aが配置されて、各フランジ6,7に溶接等により固着されていると共に、前記額縁材9aのトンネル軸方向の長さは前記内側フランジ6または外側フランジ7と同じ寸法に設定され、対向する額縁材9a間にわたって、トンネル周方向に延長す額縁材9が配設されて、前記額縁材9aおよび前記内側フランジ6と外側フランジ7に溶接等により固着されている。

#### 【0024】

前述のようにこの鋼製セグメントは内側フランジ6、外側フランジ7、トラス斜材14、フランジの周囲に配置された額縁材9,9aにより構成されている。この鋼製セグメントは、高さ800mm、幅1,600mm、長さ6,000mmである。この鋼製セグメントを適用するシールドトンネルの直径は20mであり、設計計算によれば鋼製セグメントの円周方向断面に作用する最大の圧縮力は380t/m、最大の曲げモーメントは185t\*m/m、最大のせん断力は125t/mである。また、シールドマシンを推進するために必要とされる推進ジャッキの反力は30,000tであり、鋼製セグメントの周長1m当たり478t/mの反力が作用する。

#### 【0025】

内側フランジ6および外側フランジ7には、板厚 $t = 22\text{mm}$ で材質SM490材の面材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用する軸力と曲げモーメントにより面材の円周方向に最大 $2,000\text{kgf/cm}^2$ 程度の圧縮応力度が内側フランジ6または外側フランジ7発生する。また、施工時には推進ジャッキの反力として、内側フランジ6および外側フランジ7にトンネル軸方向に最大 $1,000\text{kgf/cm}^2$ の圧縮力が作用するが、シールドマシンが前進して当該セグメントと離れて行くとこれに作用する軸圧縮応力は減少する。

#### 【0026】

第1および第2の実施形態におけるウェブ8,8aの代わりに第3の実施形態ではトラス斜材14を用いているが、このトラス斜材14はウェブと同じ効果を発揮する部材である。本実施例のトラス斜材14は板厚 $t = 32\text{mm}$ 、幅 $15\text{cm}$ で材質SM490材の板材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用するせん断力により板材には最大 $2,000\text{kgf/cm}^2$ 程度の軸引張応力度が発生する。

ウェブ8,8aの代わりにトラス斜材14を用いたことにより、トンネル軸方向および円周方向に隣接するセグメントと連結するためのボルト締め作業のためマンホール13を省略することが可能である。本実施形態においてもフランジの周囲に配置された額縁材9,9aに設けたボルト孔11を用いてボルトにより隣接するセグメントとの接続を行なうものである。

セグメント同士を連結するためのボルト締め作業は、人力によっても良いし無人の機械化がなされれば好適である。

#### 【0027】

額縁材9,9aには、セグメントの接続部からの漏水を防止するためシール材を設置するための溝10を設けており、セグメント接続部の漏水防止に関しても従来の技術を用いることができる。

#### 【0028】

本実施例には図示していないが、シールドトンネルと地山の間には裏込め充填を行なうための充填孔が必要な場合には内側フランジおよび外側フランジに開孔を設け、この開孔を連

10

20

30

40

50

結するように配管を行えば、従来の鋼製セグメントと同じ方法で裏込め作業ができる。また、人力または無人機械化作業で連結用のボルトを締結する場合には、マンホールを設けてこの部分に適当な補強を施せばよく、さらに、トンネルの覆工完了後にセグメント内部にコンクリートを充填打設する必要がある場合には、コンクリート打設孔および空気抜き孔を内側フランジに設けてこの部分に適当な補強を施せばよい。

これらシールドトンネル工事においてセグメントに必要な機能とされる機能を本発明の鋼製セグメントに付加することは、本発明の効果になんら支障を与えるものではなく、本発明の一形態と見なすことができる。

#### 【0029】

図5は本発明の鋼製セグメントにおける第4の実施形態を示す斜視図である。この実施形態の鋼製セグメントの場合は、所要厚の鋼製面板からなる内側フランジ6と外側フランジ7が間隔をおいて平行に配置され、これらの間においてトンネル長手方向に間隔をおいて平行に配置されると共にトンネル周方向に延長する複数のウェブ8の上下の端縁部(トンネル半径方向の外縁部および内縁部)が前記各フランジ6,7に溶接等により固着されることにより、前記内側フランジ6と外側フランジ7が間隔を保持された状態で一体化され、かつ前記ウェブ8は内側フランジ6と外側フランジ7の両端部から中央よりに離れた位置に配設されている。

前記隣り合うウェブ8の上端部および下端部にわたって、それぞれ狭巾の鋼製の額縁材9aが配置されて前記ウェブ8および各フランジ6またはフランジ7に溶接等により固着されていると共に、前記額縁材9aのトンネル軸方向の長さは前記内側フランジ6または外側フランジ7と同じ寸法に設定され、トンネル周方向に対向する額縁材9a間にわたって、トンネル周方向に延長す狭巾の額縁材9が配設されて、前記額縁材9は、前記額縁材9aおよび前記内側フランジ6または外側フランジ7に溶接等により固着されている。ま前記額縁材9とウェブ8との間および隣り合うウェブ8間にトンネル周方向に間隔をおいて平行に多数の補剛リブ15が配設されて額縁材9およびウェブ8並びに内側フランジ6または外側フランジ7に溶接等により固着されている。

#### 【0030】

前述のように、鋼製セグメントは内側フランジ6、外側フランジ7、ウェブ8、補剛リブ15、フランジの周囲に配置された額縁材9,9aにより構成されている。この鋼製セグメントは、高さ800mm、幅1,600mm、長さ6,000mmである。この鋼製セグメントを適用するシールドトンネルの直径は20mであり、設計計算によれば鋼製セグメントの円周方向断面に作用する最大の圧縮力は380t/m、最大の曲げモーメントは185t\*m/m、最大のせん断力は125t/mである。また、シールドマシンを推進するために必要とされる推進ジャッキの反力は50,000tであり、鋼製セグメントの周長1m当たり800t/mの反力が作用する。

#### 【0031】

内側フランジ6および外側フランジ7には、板厚 $t = 22\text{ mm}$ で材質SM490材の面材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用する軸力と曲げモーメントにより面材の円周方向に最大 $2,000\text{ kgf/cm}^2$ 程度の圧縮応力度が内側フランジ6または外側フランジ7発生する。また、施工時には推進ジャッキの反力として、内側フランジ6および外側フランジ7にトンネル軸方向に最大 $1,700\text{ kgf/cm}^2$ の圧縮力が作用するが、シールドマシンが前進して当該セグメントと離れて行くとこの作用する軸圧縮応力は減少する。

本実施形態では、トンネル軸方向に作用する推進ジャッキによりフランジに発生する圧縮応力によりフランジが座屈するのを防止するためフランジに補剛リブ15が設置されている。フランジのトンネル円周方向に作用する圧縮応力に対してはウェブ8および額縁材9が補剛リブの効果を果たしている。

#### 【0032】

ウェブ8には板厚 $t = 12\text{ mm}$ 、材質SM490材の面材を使用しており、トンネル円周方向断面に作用するせん断力により面材の半径方向に最大 $800\text{ kgf/cm}^2$ 程度のせ

10

20

30

40

50

ん応力度が発生する。

ウェブ 8 にはトンネル軸方向および円周方向に隣接するセグメントと連結するためのボルト締め作業のためマンホール 13 が設けられ、このマンホール部分は適当な補強がなされており（図示を省略した）、フランジの周囲に配置された額縁材 9, 9a に設けたボルト孔 11 を用いてボルトにより隣接するセグメントとの接続を行なうものである。

セグメント同士を連結するためのボルト締め作業は、人力によっても良いし無人の機械化がなされれば好適である。さらに、ボルト結合以外の機械式などの連結装置によりボルト締め作業を排除できれば、ウェブ 8 にマンホール 13 を設ける必要もない。

#### 【0033】

額縁材 9, 9a には、セグメントの接続部からの漏水を防止するためシール材を設置するための溝 10 を設けており、セグメント接続部の漏水防止に関しても従来の技術を用いることができる。

10

#### 【0034】

本実施形態には図示していないが、シールドトンネルと地山の間には裏込め充填を行なうための充填孔が必要な場合には内側フランジおよび外側フランジに開孔を設け、この開孔を連結するように配管を行えば、従来の鋼製セグメントと同じ方法で裏込め作業ができる。

また、人力または無人機械化作業で連結用のボルトを締結する場合には、マンホールを設けてこの部分に適当な補強を施せばよく、さらに、トンネルの覆工完了後にセグメント内部にコンクリートを充填打設する必要がある場合には、コンクリート打設孔および空気抜き孔を内側フランジに設けこの部分に適当な補強を施せばよい。

20

これらシールドトンネル工事においてセグメントに必要とされる機能を本発明の鋼製セグメントに付加することは、本発明の効果になんら支障を与えるものではなく、本発明の一形態と見なすことができる。

#### 【0035】

第 5 の実施形態は、トンネルの断面形状が円形ではなく、楕円形、馬蹄形、矩形などの異形断面シールドトンネルの覆工体として、本発明の鋼製セグメントを用いる場合に関するものである。

異形断面のシールドトンネルでは、鋼製セグメントを連結してトンネル覆工体を構築した場合、覆工体の場所によりトンネル円周方向断面に作用する軸力、曲げモーメント、せん断力が異なるのが通常である。例えば、図 6 に示す楕円形断面のトンネル覆工体には楕円形の長径 21 および短径 22 に当たる部分のトンネル覆工体に作用する曲げモーメントが他の部分に比較して大きくなる。

30

このような場合には、フランジに使用する面材の板厚および材質は設計上必要とされる強度を満たすものであれば良い。また、図 7 に示すように曲げモーメントの大きい区間では、鋼製セグメント 23 の高さ（厚さ）を高くなるように変化させて所要の曲げ抵抗力を得ることもできる。

さらに、第 1 ~ 第 4 の実施形態に示す鋼製セグメントのうち 1 種類の実施形態でトンネル覆工体を構成してもよく、また、第 1 ~ 第 4 の実施形態に示す鋼製セグメントを必要に応じて組み合わせトンネル覆工体を構成してもよい。

40

#### 【0036】

##### 【発明の効果】

本発明による鋼製セグメントは、内側および外側のフランジによりトンネル円周方向断面に作用する軸圧縮力および曲げモーメントに抵抗する構造であるため従来の鋼製セグメントに比較して、効果的に作用力に対して抵抗できる。このため本発明の鋼製セグメントにより、従来の鋼製セグメントでは経済的に対応することができなかつた大断面の様々な断面形状をしたトンネルの覆工体を経済的に築造することが可能となった。

また、従来の鋼製セグメントにおける縦リブの推力ジャッキを受ける機能を内側および外側のフランジに付与することにより構造を簡略化し、覆工面積当たりの材料費用および製作費用を大幅に低減できたことで安価な鋼製セグメントを供給できる。

50

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】従来の鋼製セグメントの形態を示す斜視図である。

【図 2】本発明の第 1 実施例を示す斜視図である。

【図 3】本発明の第 2 実施例を示す斜視図である。

【図 4】本発明の第 3 実施例を示す斜視図である。

【図 5】本発明の第 4 実施例を示す斜視図である。

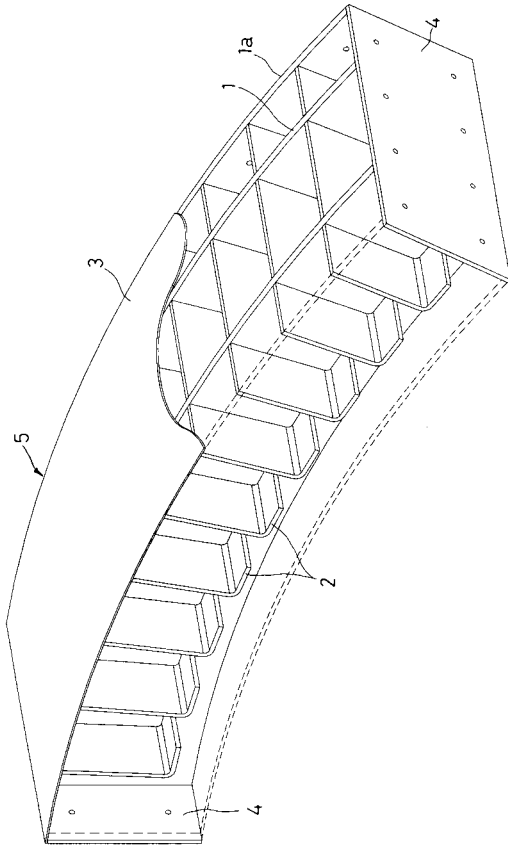
【図 6】楕円形断面のシールドトンネルの長径と短径を説明する概略図である。

【図 7】本発明の第 5 実施例を説明する概略図である。

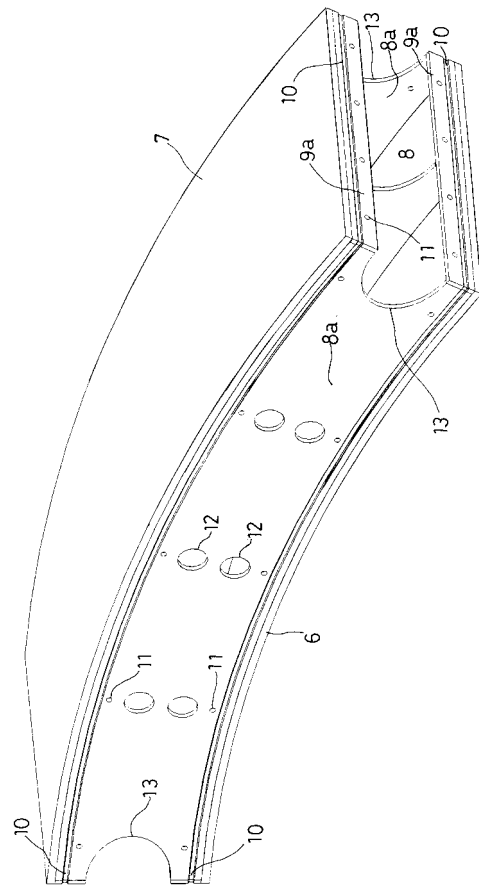
## 【符号の説明】

1	主桁（鋼製セグメントの内側に配置）	10
1 a	主桁（鋼製セグメントの外側に配置）	
2	縦リブ	
3	スキンプレート	
4	継手板	
5	鋼製セグメント	
6	内側フランジ	
7	外側フランジ	
8	ウェブ（鋼製セグメントの内側に配置）	
8 a	ウェブ（鋼製セグメントの外側に配置）	
9	額縁材（フランジのトンネル軸方向端部に配置）	20
9 a	額縁材（フランジのトンネル円周方向端部に配置）	
1 0	止水用材料を設置するための溝	
1 1	ボルト孔	
1 2	作業孔	
1 3	マンホール	
1 4	トラス斜材	
1 5	補剛リブ	
1 6	ウェブ	
1 7	端部ウェブ	
2 1	長径	30
2 2	短径	
2 3	鋼製セグメント	

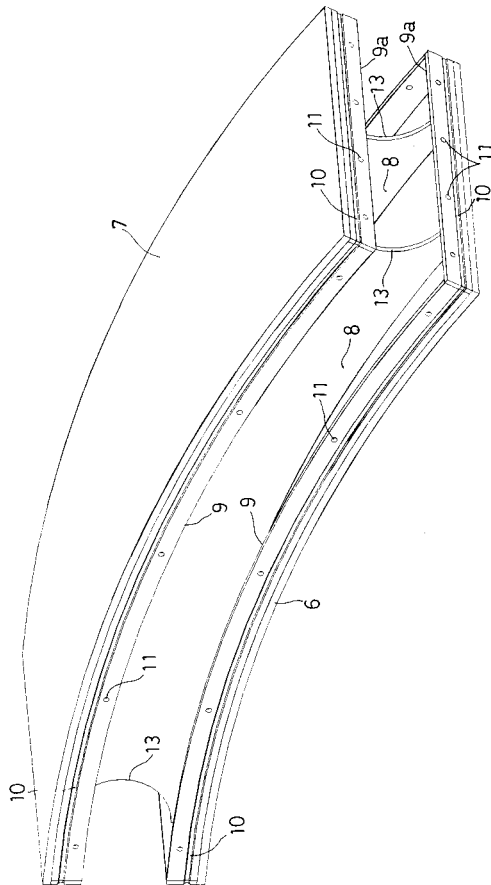
【図1】



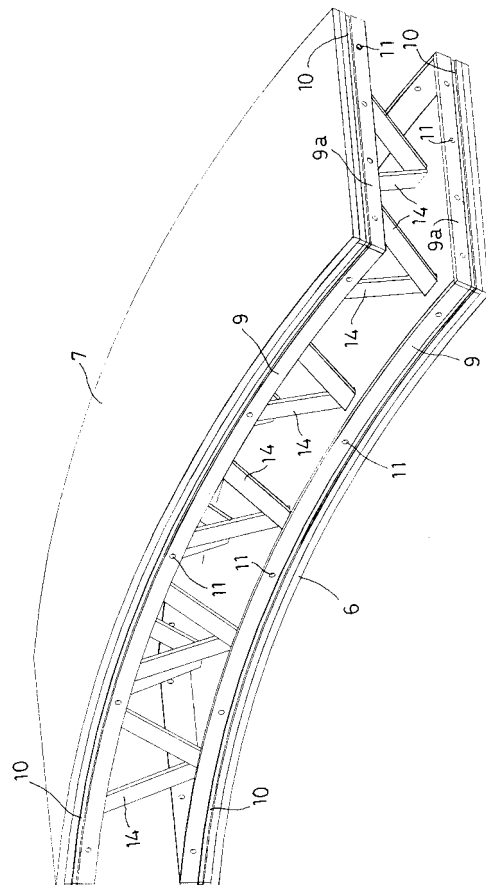
【図2】



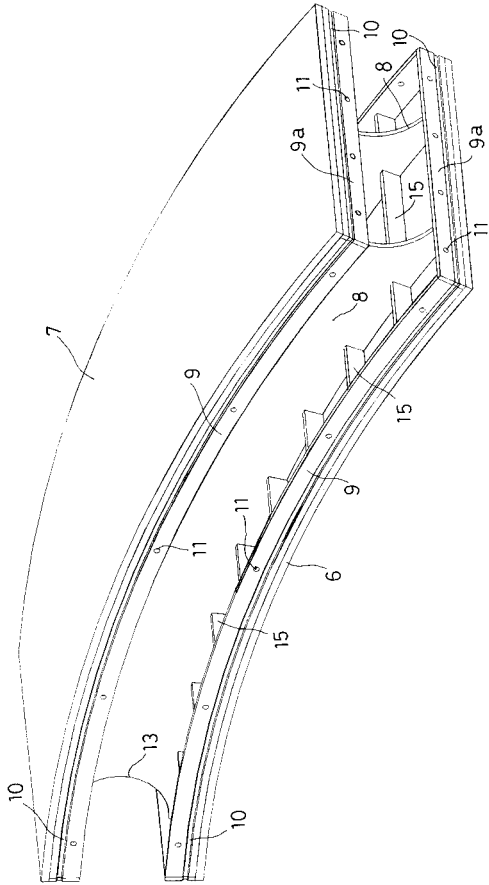
【図3】



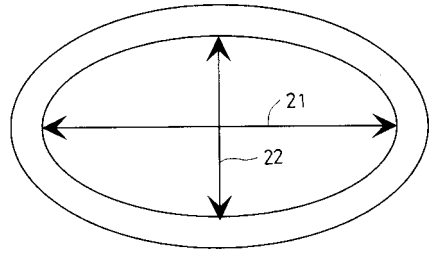
【図4】



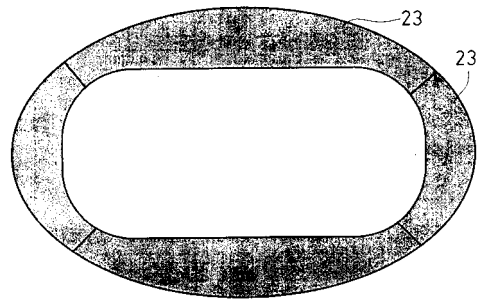
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 今福 健一郎  
千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 鱒田 実  
東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号 新日本製鐵株式会社内

審査官 苗村 康造

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 1 1 5 1 8 9 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 2 7 0 3 9 1 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 2 7 0 3 7 6 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)  
E21D 11/14、11/15  
E21D 11/04、11/08