

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4038385号
(P4038385)

(45) 発行日 平成20年1月23日(2008.1.23)

(24) 登録日 平成19年11月9日(2007.11.9)

| | | | | |
|---------------|-------|-----------|---------|---------|
| (51) Int. Cl. | | F I | | |
| E 2 1 D | 11/04 | (2006.01) | E 2 1 D | 11/04 Z |
| E 2 1 D | 11/18 | (2006.01) | E 2 1 D | 11/18 |

請求項の数 3 (全 11 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2002-102388 (P2002-102388) | (73) 特許権者 | 000006655 |
| (22) 出願日 | 平成14年4月4日(2002.4.4) | | 新日本製鐵株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2003-293695 (P2003-293695A) | | 東京都千代田区大手町2丁目6番3号 |
| (43) 公開日 | 平成15年10月15日(2003.10.15) | (74) 代理人 | 100107250 |
| 審査請求日 | 平成16年12月17日(2004.12.17) | | 弁理士 林 信之 |
| | | (74) 代理人 | 100119220 |
| | | | 弁理士 片寄 武彦 |
| | | (74) 代理人 | 100116001 |
| | | | 弁理士 森 俊秀 |
| | | (73) 特許権者 | 306022513 |
| | | | 新日鉄エンジニアリング株式会社 |
| | | | 東京都千代田区大手町二丁目6番3号 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネル覆工内面の補修工法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

トンネル軸方向に所定の間隔をおいて配設すると共に、複数の分割アーチ部材で構成するケーブル仮設用アーチ部材を用いるトンネル覆工内面の補修工法であって、前記分割アーチ部材を前記トンネル覆工内面に仮設置して前記覆工内面の配線を既設支持金物から前記分割アーチ部材に盛り変えながら、前記分割アーチ部材をトンネル周方向に着脱自在に連結してアーチに組立て、前記分割アーチ部材をアーチに組立てた時、当該組立てたアーチ部材をトンネル内空側から前記覆工内面側に向けて貫通しており、トンネル周方向に所要の間隔で設けたスペーサーボルトの先端部を前記トンネル覆工内面に当てがうことにより前記アーチ部材を安定支持させ、その後、前記スペーサーボルトをトンネル内空側から回して、前記アーチ部材の背面から前記トンネル覆工内面への前記スペーサーボルトの突出長を長くすることにより、前記スペーサーボルトに反力を取って前記アーチ部材を縮径することで、前記アーチ部材の背面側に空間を形成し、この空間に板状の補強部材を順次設置し、前記の配線を前記アーチ部材から前記補強部材に盛り替えた後に前記アーチ部材を撤去し、ついで前記補強部材の背面に経時硬化性材料を充填することを特徴とするトンネル覆工内面の補修工法。

【請求項2】

前記複数の分割アーチ部材同士を連結金物に当てがい、その当接面を貫通するボルトで着脱自在に接合してなり、前記分割アーチ部材の両下端部をトンネル内で軸方向に伸長する梁材に着脱自在にボルト接合し、前記アーチ部材は人力にてトンネル内に配置すること

10

20

を特徴とする請求項 1 記載のトンネル覆工内面の補修工法。

【請求項 3】

前記ケーブル仮設用アーチ部材および、前記補強部材は、鉄、アルミ、コンクリート、FRP等の任意の素材で構成されていることを特徴とする請求項 1 記載のトンネル覆工内面の補修工法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、鉄道トンネル等の覆工内面の補修工法に関するものであり、特に、劣化した既設のコンクリート覆工からコンクリート落下を防止するトンネル覆工内面の補修工法に関するものである。

10

【0002】

【従来の技術】

近年、鉄道トンネルや道路トンネルの覆工コンクリートの崩落事故があり、これの対策として、既設トンネル覆工の内面をセントル、当て板、シート貼付、金網・ネット貼付、ライナープレート補強等で補強する補強・補修工法が各種提案され実施されている。

【0003】

他方、鉄道トンネルの場合、トンネル内部には、列車への給電用トロリ線、き電線、列車と基地局との通信用の信号ケーブル等、通常の営業運転を妨げずに施工するために一時的にでも設置位置を変更することが出来ない多くの配線が張りめぐらせてある。

20

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

トンネルの覆工内面を補強するに際して求められるのは、1 建築限界（列車走行にとって障害にならない領域）を守って補強すること、2 短時間で迅速施工できること、仮に補強作業が数日に渡るときも、列車の走行を阻害しないことである。

【0005】

この点に関し、従来の代表的な補強工法である覆工内面のセントル補強、ライナープレート補強工法では、トンネル内空を大きく侵害するため、建築限界に対する余裕がない場合には適用できなかった。さらに、当て板、シート貼付、金網・ネット貼付工法は大きなコンクリート塊の落下には耐えられない等の問題があった。さらにまた、配線の撤去作業に手間がかかること等もあって補強部材の迅速な設置作業が難しく、列車走行に影響が出るなどの問題があった。

30

【0006】

本発明は、これらの課題を解決するトンネル補修工法を提供するものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

前記の課題を解決するため、本発明は、次のように構成する。

【0008】

第 1 の発明に係るトンネル覆工内面の補修工法は、トンネル軸方向に所定の間隔をおいて配設すると共に、複数の分割アーチ部材で構成するケーブル仮設用アーチ部材を用いるトンネル覆工内面の補修工法であって、前記分割アーチ部材を前記トンネル覆工内面に仮設置して前記覆工内面の配線を既設支持金物から前記分割アーチ部材に盛り変えながら、前記分割アーチ部材をトンネル周方向に着脱自在に連結してアーチに組立て、前記分割アーチ部材をアーチに組立てた時、当該組立てたアーチ部材をトンネル内空側から前記覆工内面側に向けて貫通しており、トンネル周方向に所要の間隔で設けたスペーサーボルトの先端部を前記トンネル覆工内面に当てがうことにより前記アーチ部材を安定支持させ、その後、前記スペーサーボルトをトンネル内空側から回して、前記アーチ部材の背面から前記トンネル覆工内面への前記スペーサーボルトの突出長を長くすることにより、前記スペーサーボルトに反力を取って前記アーチ部材を縮径することで、前記アーチ部材の背面側に空間を形成し、この空間に板状の補強部材を順次設置し、前記の配線を前記アーチ部材

40

50

から前記補強部材に盛り替えた後に前記アーチ部材を撤去し、ついで前記補強部材の背面に経時硬化性材料を充填することを特徴とする。

【0009】

第2の発明は、第1の発明における前記複数の分割アーチ部材同士を連結金物に当てがい、その当接面を貫通するボルトで着脱自在に接合してなり、前記分割アーチ部材の両下端部をトンネル内で軸方向に伸長する梁材に着脱自在にボルト接合し、前記アーチ部材は人力にてトンネル内に配置することを特徴とする。

【0010】

第3の発明は、第1の発明における前記ケーブル仮設用アーチ部材および、前記補強部材は、鉄、アルミ、コンクリート、FRP等の任意の素材で構成されていることを特徴とする。

10

【0011】

【作用】

本発明によると、トンネル内面の補修・補強に際し、既設覆工に取付けられた各種配線(ケーブル)をケーブル仮設用アーチ部材に盛り変えることで、当該ケーブルを一時的にアーチ部材に支持させて補強部材を設置でき、したがって、ケーブルを切断、撤去することなく作業できるのは勿論、ケーブルの配置変えが容易で、かつ、列車の営業運転を妨げない短時間で、円滑に作業できる。

【0012】

しかも、ケーブル仮設用アーチ部材は、複数に分割し、狭幅の板形状とし、人力で扱える程度の大きさに構成している。つまり、この分割したアーチ部材単体は、数十kg以下の軽量であるので人力で施工でき、この人海戦術によって急速施工でき、列車休止中の合間に施工できるため、営業運転を妨げない。

20

【0013】

また、配線を既設覆工の支持金物からケーブル仮設用アーチ部材に盛り替えると共に、アーチ部材の縮径によってできた配線の背面側の空間に、大きな板状の補強部材を施工機械によって設置すること、およびアーチ部材が小さく分割可能であることが相俟って、配線を交わしながら施工する作業が容易で、この点でも急速施工が可能になり、かつ安全に施工することが可能となる。

【0014】

また、本発明によると、ケーブル仮設用アーチ部材、補強部材がともに板状であるため、建築限界が厳しい場合でも適用可能である。さらに、補修の完成後には、トンネルのアーチクラウン全面が経時硬化性材料で拘束された補強材によって覆われているので、列車走行時の風圧や振動などによる荷重だけでなく、大きなコンクリート塊の落下にも耐えられることができる。

30

【0015】

【発明の実施の形態】

次に、本発明の実施形態を図を参照して説明する。

【0016】

図1は、トンネル内の既設配線(ケーブルという)を支持金物から取り外し、本発明で新たに提案する仮支持部材(ケーブル仮設用アーチ部材)に一時的に支持させた状態で補強部材を配設し、その後、仮支持部材から補強部材に配線を再度盛り変えながら覆工内面を補修している状態の、トンネル内面の全体概要を示す正面断面図である。

40

【0017】

図1において、ケーブル仮設用アーチ部材18は、最初トンネル内面に近接して配置し、覆工内面の既設支持金物から離脱したケーブル2をこのアーチ部材18に支持しながらアーチを完成する。次に、アーチ部材18を縮径させてトンネル内面から離してアーチ部材18の背面側に空間25を形成し、この空間部25に補強部材11を配設する。図1の中央から左側がケーブル仮設用アーチ部材18の縮径前のトンネル内面に近接した状態、中央から右側が縮径後の空間25を形成した状態を示す。

50

【0018】

また図1において、既設トンネル1は、地山7の内面にコンクリート8を打設して覆工内面8aが構築されており、また、床版部4には、枕木5を介して鉄道レール6が設置されている。本発明の補強部材11による補強前は、コンクリート8の覆工内面8aがトンネル内に露呈している。図1において、2点鎖線は建築限界10を示し、この2点鎖線の外側が列車走行の障害にならない領域であって、補強部材11はこの建築限界10を侵さないように、覆工内面8aと建築限界10との間の狭い空間25に配置され、補強部材11の厚み、固着構造はその制約を受ける。

【0019】

本発明では、コンクリート8の覆工内面8aに補強部材(板状の保護面材)11を設置することで、当該コンクリート8の崩落を防止するもので、加えて、地山の緩みや塑性圧等の外力に対して補強するものである。この補強部材11は、トンネル軸に垂直な面とトンネル軸に概ね平行な面で切断したトンネル周方向およびトンネル軸方向に分割して製作されており、覆工内面形状とほぼ相似の鋼板製の薄肉セグメントとして構成される。

10

【0020】

図2では、複数の補強部材11をトンネル周方向とトンネル軸方向に整列配置をなすように接合して、トンネル天井部とトンネル両側上部のトンネル内面を覆って、略半円弧状をなすように配設される(補強部材11の全体を補強セグメント11aと称する)。補強部材11の素材は、鋼板などの鉄、アルミ、コンクリート、FRP等何でもよい。

【0021】

図に示すように、略半円弧状の補強セグメント11aの最下段(トンネル周方向の両端)は梁材12に固着されている。この梁材12は、H形鋼、ボックス形鋼などから構成され、トンネル内の両側部の中間高さ位置に設置されていて、トンネル軸方向に伸長して設置されており、トンネル軸方向に渡り保護構造の分布荷重を支えている。この梁材12の固定手段は、図示例では当該梁材12を貫通し、かつトンネル軸方向に所定間隔で配置され、さらにコンクリート8を貫通して地山7に打設するアンカーボルト15によってトンネル内壁に固着されている。

20

【0022】

補強部材11の取付け作業に際し、トンネル内の天井部には複数のケーブル2が、ボルトを含む既設支持金物(図示省略する)により覆工内面8aに固着されているため、このケーブル2を覆工内面に固着したままでは、補強部材11の取付け作業ができないので、ケーブル2を既設支持金物と共に覆工内面8aから一旦離脱して作業することが必要になる。

30

【0023】

この場合、ケーブル2を所定の箇所で一旦切断して撤去しながら作業すれば、当該補強部材11の設置作業自体は容易であり、従来工法ではこの方法で行ってるが、補強作業全体としては長時間作業になる。現実には、電車走行を妨げず、短時間で作業を完了させることが要求されており、このためには、ケーブル2を撤去せず接続を維持した状態で補修作業する必要がある。しかし、ケーブル2を切断、撤去せずに作業する場合は、覆工内面8aから離脱したケーブル2は支持手段のない状態で所定の長さ範囲にわたり中ぶらりんとなつて垂れ下がる。補強作業は数日間に渡り行われることが多いが、この状態で電車運行はできず、このため従来は、ケーブル2を撤去せずに補強部材11の設置作業は困難であると考えられていた。

40

【0024】

本発明では、ケーブル仮設用アーチ部材18を設けることによりこの問題点を克服している。ケーブル仮設用アーチ部材18は、補強部材11の設置作業に先立って、その設置作業中のみ一時的にトンネル内に仮設置されるもので、覆工内面8aから離脱したケーブル2を一時的に仮支持し、補強部材11の設置作業が終了したならば、ケーブル2を仮設用アーチ部材18から補強部材11に取付け変える(盛り変える)ものである。

【0025】

50

ケーブル仮設用アーチ部材 18 の構成は、各図に示されるとおりで、所定幅の帯状の分割アーチ部材 18 a を連結金物 19 で複数トンネル周方向に着脱自在に連結してアーチ状に構成され、このケーブル仮設用アーチ部材 18 がトンネル軸方向に所定間隔、つまり、ケーブル 2 を支持したとき、該ケーブルが垂れ下がらない程度の間隔で配設されている。

【0026】

ケーブル仮設用アーチ部材 18 における、両端の分割アーチ部材 18 a の下部には水平折曲げ部 18 b が形成されていて、水平折曲げ部 18 b をボックス形の梁材 12 の上面に載置し、その当接部に固着ねじ 20 を螺合する。固定ねじ 20 の締結作業は、ボックス断面の梁材 12 に開設の作業孔 16 を通して行えばよく、こうして両端の分割アーチ部材 18 a が梁材 12 に着脱自在に固着される。分割アーチ部材 18 a の連結金物 19 は、図 3 に示すように溝幅が分割アーチ部材 18 a の幅とほぼ同幅、溝深さがアーチ部材の厚さと略同じで、所定の長さに設けられていて断面が、例えばコ字型に構成されている。そして、各分割アーチ部材 18 a の端部を連結金物 19 の溝部に嵌合し、その先端を溝中央部で略突き合わせると共に、アーチ部材の先端部と連結金物 19 を貫通して連結ねじ 21 を螺合する。これにより、連結金物 19 を介して両分割アーチ部材 18 a が分離可能に連結される。

10

【0027】

ケーブル仮設用アーチ部材 18 を複数分割するのは、既設支持金物によって覆工内面 8 a に固着されているケーブル 2 の背面側（地山側）に、このアーチ部材 18 を回り込ませて配置する必要性のためである。つまり、分割アーチ部材 18 a を設置した後、その背面側の覆工内面 8 a から離脱したケーブル 2 を、各分割アーチ部材 18 a の先端部を交わして、分割アーチ部材 18 a のトンネル内空側に移動させ、この内空側において、押え金物 22 とねじ 23 によりケーブル 2 を分割アーチ部材 18 a に仮固定する。この後、連結金物 19 を介して分割アーチ部材 18 a の端部同士を連結し（図 3 に示す）アーチを構成する。

20

【0028】

また、ケーブル仮設用アーチ部材 18 を厚み方向に貫いて、かつトンネル周方向に所定の間隔をあけて複数のスペーサボルト 24 が設けられている。そして、アーチ部材 18 の両端部を梁材 12 に支持させたいえ、当該スペーサボルト 24 の先端を覆工内面 8 a に押し付ける。

30

【0029】

スペーサボルト 24 の作用は 2 つある。第 1 の作用は、スペーサボルト 24 の先端を、アーチ部材 18 の背面から少し突出した状態で覆工内面 8 a に圧接させることにより、アーチ部材 18 をグラツキなく覆工内面 8 a に自己保持できることである。第 2 の作用は、前記状態のスペーサボルト 24 をトンネル内空側から回して、アーチ部材 18 の背面からの突出長を長くすることにより、覆工内面 8 a とアーチ部材 18 との間に、補強部材 11 を挿入するための空間 25 を容易かつ確実に形成することである。

【0030】

すなわちアーチ部材 18 は、縮径前は図 1 の左側および図 3 (A) の状態にあり、このとき、スペーサボルト 24 は少し締めてあり、その先端を既設の覆工内面に押し付ける（突出量は少なくてもよい）ことで、アーチ部材 18 を覆工内面 8 a に押し付けられ、該アーチ部材 18 は、列車走行時の風圧や振動などによる荷重に対して安定し、覆工内面 8 a から離脱したケーブル 2 を安定に仮支持できる。

40

【0031】

次に、図 1 の右側および図 3 (B)、(C) に示すように、スペーサボルト 24 をトンネル内空側から回して、当該スペーサボルト 24 のアーチ部材 18 の背面からの突出長を長くすることによりアーチ部材 18 を縮径でき、覆工内面 8 a とアーチ部材 18 との間に空間 25 を形成し、続いてこの空間 25 に補強部材 11 を挿入する。

【0032】

補強部材 11 を覆工内面 8 a に固着する作業は、トンネル周方向およびトンネル軸方向に

50

複数分割され、1枚が所定の大きさに構成された補強部材11を、施工機械（エレクターなど）を用いて覆工内面8aの所定位置に配置して行う。このとき、トンネル周方向およびトンネル軸方向に接合する補強部材11の間は端縁の突き合わせで接合され、または、端縁部に形成する凹凸部の嵌合方式等で接合される。梁材12の上面からは、間隔をあけて複数の係止片13が立上がっていて、係止片13の側面に補強部材11の下端側面が係合して内側にずれないように構成されている。

【0033】

また、複数の補強部材11を順次取付ける作業が完了し、既設覆工内面8aとの空間を埋めるように補強部材11の背面にグラウト材などの経時硬化性材料を充填し、硬化して後に覆工内面8aに新たに固着された補強部材11から順番に、アーチ部材18に仮支持されたケーブル2を補強部材11に盛り換え、ケーブル2の盛り換え作業が終わったアーチ部材18から順に分離解体し、トンネル内から搬出することで作業が完了する。

10

【0034】

前記のトンネル補修作業において、ケーブル仮設用アーチ部材18は、複数に分割し、狭幅の板形状としているため、軽量であり、人力で施工できる。このため、アーチ部材18は人海戦術によって急速施工でき、列車合間に施工できるため、営業運転を妨げない。また、アーチ部材自体が小さく分割可能であるため、ケーブル2を交わしながら施工することが可能である。

【0035】

また、ケーブル2を既設覆工の支持金物からケーブル仮設用アーチ部材18に盛り替え、アーチ部材18の縮径によってできたケーブル2の背面側の空間25に、大きな板状の補強部材11を施工機械によって設置するため、急速施工が可能になり、かつ、アーチ部材18に支持されたケーブル2を交わしながら安全に施工することが可能となる。

20

【0036】

また、ケーブル仮設用アーチ部材18を貫通するスペーサボルト24を締めることにより、ケーブル仮設用アーチ部材18は、既設の覆工内面8aに押し付けられるため、列車走行時の風圧や振動などによる荷重に対して安定であり、アーチ部材18に支持されたケーブル2も安定支持される。

【0037】

ケーブル仮設用アーチ部材18と補強部材11はともに板状であるため、トンネル内の建築限界10が厳しい場合でも適用可能である。また、既設覆工内面との空間25を埋めるように補強部材11の背面にグラウト材などの経時硬化性材料を充填することで、トンネルのアーチクラウン全面が経時硬化性材料で拘束された補強部材によって覆われているので、列車走行時の風圧や振動などによる荷重だけでなく、大きなコンクリート塊の落下にも耐えられることができる。

30

【0038】

本発明において、実施形態の構成を設計変更して実施してもよく、例えば、ケーブル仮設用アーチ部材18の分割数や幅、連結金物19の構成、補強部材11の構成等を適宜変更して実施することは構わない。

【0039】

【発明の効果】

本発明によると、トンネル内面の補修・補強作業に際し、人力で扱える程度の重量・大きさのケーブル仮設用アーチ部材に、通常の営業運転を妨げずに施工するために一時的にでも切断、撤去出来ない給電用トロリ線、き電線、列車と基地局との通信用のケーブルを仮支持させながら補強部材を設置するので、列車の走行しない深夜などの短時間で迅速に作業でき、かつ、作業が数日に渡るときは、配線をケーブル仮設用アーチ部材に支持させたまま運行が可能であるので、列車走行が出来ない期間や時間帯が生じることがなく、鉄道の営業運転に悪影響を及ぼすことがない。

40

【0040】

また、本発明によると板状の補強部材を用いることにより、建築限界をおかすことなく狭

50

いスペースに強度に富む補強部材を設置でき、従来のセントル補強、ライナープレート補強工法が、トンネル内空を大きく侵害するため建築限界に対する余裕がない場合に適用できず、他方、当て板、シート貼付、金網・ネット貼付けによる補強工法は、大きなコンクリート塊の落下には耐えられない等の問題を有していた点が解決された。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明により補修中のトンネル内面の全体概要を示す正面断面図で、中央部の左側はトンネル内既設配線を仮支持するケーブル仮設用アーチ部材の設置中である、縮径前を示し、中央部の左側は縮径後を示す。

【図2】 (a)は、図1のトンネル天井部の横断平面図1、(b)は、図1の中央部縦断面で、同図の右側を見た図である。

【図3】 (a)は図1における(A)部の拡大図、(b)は(A')部の拡大図、(c)は(b)のトンネル内空側から見た斜視図である。

【図4】 (a)は、分割アーチ部材の最初の設置時の状態を示し、トンネル内面の左上部の正面断面図、(b)は、(a)のトンネル内空側から見た右側面図である。

【図5】 (a)は、図4の分割アーチ部材の設置が進み、ケーブルの盛り換えを行っている状態を示す、トンネル内面の左上部の正面断面図、(b)は、(a)のトンネル内空側から見た右側面図である。

【図6】 (a)は、複数の分割アーチ部材を連結しアーチを構成した後、縮径し、ケーブルの再盛り換えを行っている状態を示す、トンネル内面の左上部の正面断面図、(b)は、(a)のトンネル内空側から見た右側面図である。

【図7】 (a)は、図6の状態において、補強材を設置しながら、アーチ部材から補強部材にケーブルの再盛り換えを行っている状態を示す、トンネル内面の左上部の正面断面図、(b)は、(a)のトンネル内空側から見た右側面図である。

【図8】 既設覆工内面に配線が取付けられたトンネルの破断斜視図である。

【符号の説明】

- 1 既設トンネル覆工
- 2 ケーブル(配線)
- 4 (既設)床版部
- 5 枕木
- 6 鉄道レール
- 7 地山
- 8 覆工コンクリート
- 10 建築限界
- 11 補強部材
- 11a 分割補強部材
- 12 梁材
- 13 係止板
- 14 連結ボルト
- 15 アンカーボルト
- 16 作業孔
- 17 ボルト
- 18 アーチ部材
- 18a 分割アーチ部材
- 18b 折曲げ部
- 19 連結金物
- 20 固着ねじ
- 21 連結ねじ
- 22 押え金物
- 23 ねじ
- 24 スペーサボルト

10

20

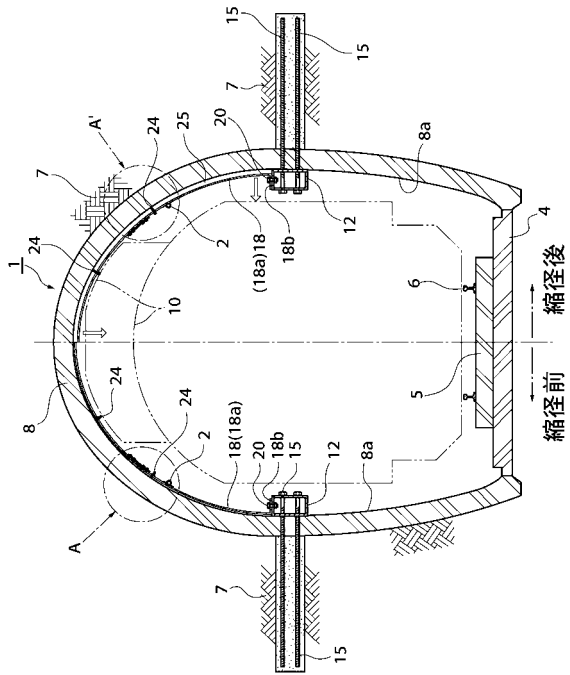
30

40

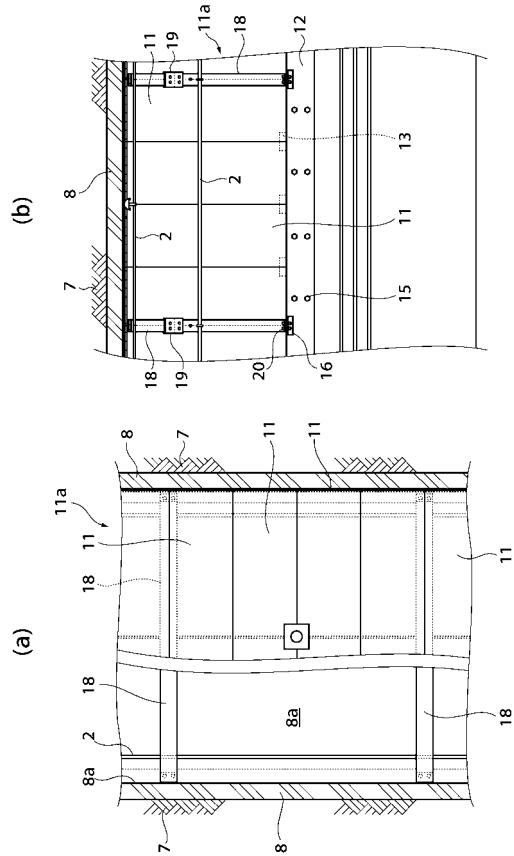
50

2 5 空間

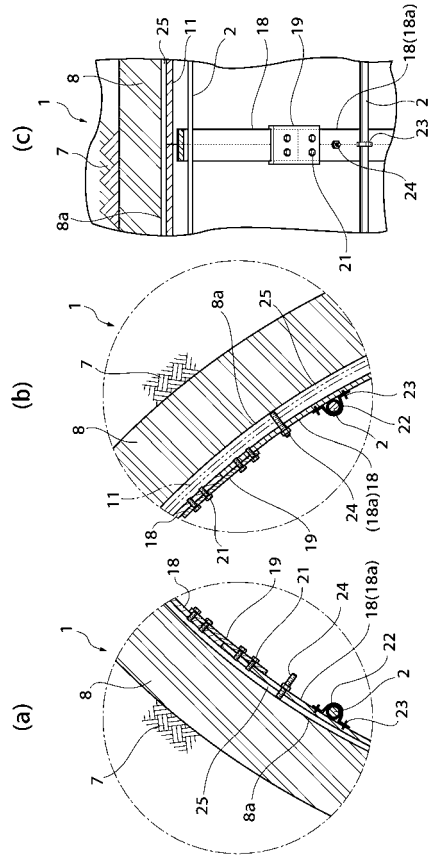
【 図 1 】



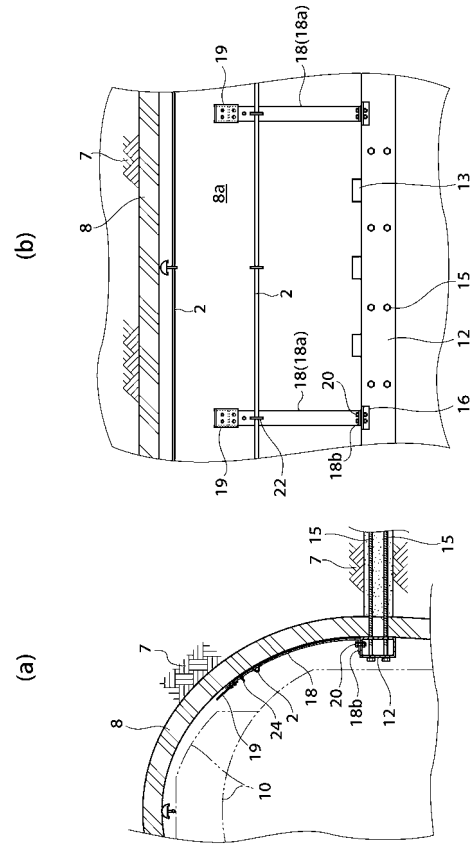
【 図 2 】



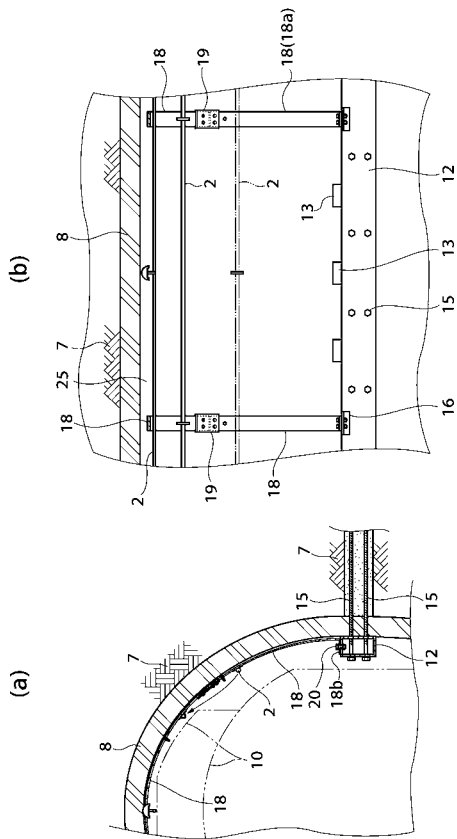
【 図 3 】



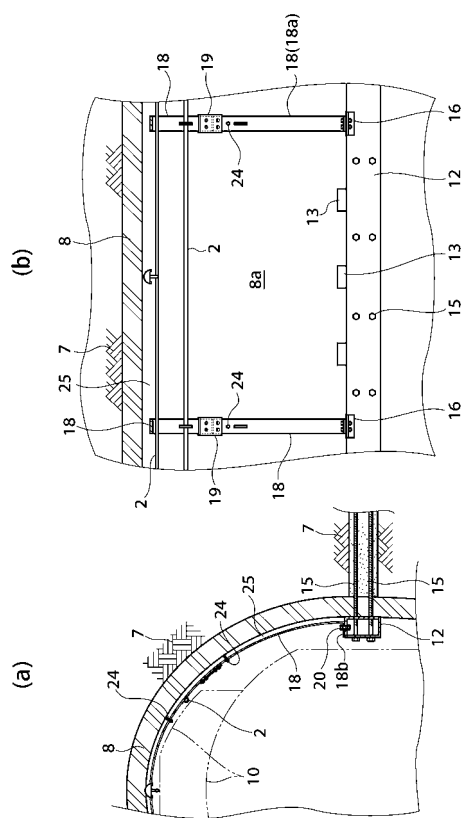
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

- (73)特許権者 500171811
日鉄パイプライン株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目7番1号 新宿パークタワー36階
- (74)代理人 100107250
弁理士 林 信之
- (74)代理人 100120868
弁理士 安彦 元
- (72)発明者 今福 健一郎
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
東京都千代田区大手町2-6-3 新日本製鐵株式会社内

審査官 土屋 真理子

- (56)参考文献 特開平11-117687(JP,A)
特開平07-062992(JP,A)
特開2002-047894(JP,A)
特開2001-227287(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E21D 11/04
E21D 11/18
E21F 17/02