

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2676012号

(45) 発行日 平成9年(1997)11月12日

(24) 登録日 平成9年(1997)7月25日

| (51) Int.Cl. <sup>8</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I     | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|--------|---------|--------|
| E 2 1 D                   | 9/04 |        | E 2 1 D | 9/04 A |
|                           | 9/00 |        |         | 9/00 A |

請求項の数 3 (全 6 頁)

|           |                 |           |                           |
|-----------|-----------------|-----------|---------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願平1-147978     | (73) 特許権者 | 999999999 研究<br>建設省土木建設所長 |
| (22) 出願日  | 平成1年(1989)6月9日  |           | 茨城県つくば市大字旭1番地             |
| (65) 公開番号 | 特開平3-13689      | (73) 特許権者 | 999999999<br>株式会社大林組      |
| (43) 公開日  | 平成3年(1991)1月22日 |           | 大阪府大阪市中央区北浜東4番33号         |
|           |                 | (73) 特許権者 | 999999999<br>株式会社奥村組      |
|           |                 |           | 大阪府大阪市阿倍野区松崎町2丁目2番2号      |
|           |                 | (73) 特許権者 | 999999999<br>川崎重工業株式会社    |
|           |                 |           | 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号      |
|           |                 | (74) 代理人  | 弁理士 志賀 正武 (外2名)           |
|           |                 | 審査官       | 大森 伸一                     |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トンネルの構築方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 トンネルを構築するにあたり、予め、地盤中のトンネルを形成すべき掘削部に沿った部分に、前記掘削部の全周域を圍繞する強度増加領域と該強度増加領域を圍繞する止水領域とを薬液注入により形成し、然る後にトンネルを掘削することを特徴とするトンネルの構築方法。

【請求項2】 請求項1記載のトンネルの構築方法において、前記強度増加領域および前記止水領域の形成は、予め、構築すべき本トンネルに先行して該本トンネルを形成すべき掘削部に沿って作業用トンネルを構築し、該作業用トンネルの内部より地盤内に配置した薬液注入管により行うことを特徴とするトンネルの構築方法。

【請求項3】 請求項1記載のトンネルの構築方法において、薬液の注入を複数回行うことにより前記強度増加領

2

域を多層に構成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】

〔産業上の利用分野〕

本発明はトンネルの構築方法に係わり、特に、地盤改良を伴うトンネルの構築方法に関するものである。

〔従来の技術〕

トンネルを掘削するにあたり、掘削地盤が未固結含水地盤であった場合には、工事の安全・経済性・工期を確保する上で、i) 切羽の安定化、ii) 湧水の防止、iii) 地表沈下の防止、等を常に図らなければならない。特に、NATM工法等による掘削ではこれらが重要な要素となる。

このようなNATM工法等によるトンネル掘削における有力な地盤補強方法として、従来よりケミカルグラウト法

10

(葉液注入法)が広く実施されている。この工法では従来は、例えば注入剤としてセメントミルクあるいはセメントベントナイト(通称CB)を用いて、圧力機器を使用して加圧注入するものである。

また、これらトンネル掘削における地盤の改良を行う場合、それらの作業は従来、地表面ないしは本トンネル内より実施されている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、上記従来の地盤改良法では下記の如き問題が生じていた。

つまり、トンネルの掘削前に予め上記の如く葉液の注入により地盤改良を行う際、従来では基本的に改良ゾーンを一層のみ形成するものであったため、止水作用および地盤の安定化作用の双方が十分満足し得るものとは成り得なかった。すなわち、止水性を得るためには、葉液として、地盤を構成する細砂間等の細かい間隙にも充分浸透できるように比較的低粘度でチキソトロピー性の低いものを使用する必要があるが、このような葉液は地盤の固結作用が低く、一方、強い地盤の固結作用を得べく高粘度・高チキソトロピー性の葉液を使用すると、浸透性が低いために充分な止水性が得られなくなるからである。

そして、止水作用に重点を置いた場合にはトンネル掘削時の地盤の安定に問題が成り、一方、固結作用に重点を置いた場合には地下水が流入して切羽の自立性に問題が生じるとともに、流砂現象を誘発する可能性もある。

このため、従来、掘削地盤が未固結合水地盤の如く極端に軟弱であった場合には、NATM工法等の掘削手段を適用できないといった不都合が生じていた。

また、葉液注入の作業を実施するにあたり、地上より行うものでは、地上に施工ヤードを設置する必要があるため例えば交通路等の各種地上設備を占有するおそれがあることに加え、トンネルの深度が大きい場合には施工精度が低下するといった問題があり、他方、本トンネル坑内より行うものでは、地盤改良工程とトンネルの掘削工程とを交互に実施していくため作業効率が悪く、かつ地盤改良機械の台数も制限されるため工期を要するといった問題があった。

本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、従来、特にNATM工法等では施工困難とされていた未固結合水地盤等の軟弱地盤をも確実に改良することができ、以て安全でかつ効率的にトンネルを構築することのできる、トンネルの構築方法を提供することを目的とするものである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の請求項1に係るトンネルの構築方法は、トンネルを構築するにあたり、予め、地盤中のトンネルを形成すべき掘削部に沿った部分に、前記掘削部の全周域を圍繞する強度増加領域と該強度増加領域を圍繞する止水領域とを葉液注入により形成し、然る後にトンネルを掘

削することを特徴とするものである。

また、本発明の請求項2に係るトンネルの構築方法は、請求項1記載のトンネルの構築方法において、前記強度増加領域および止水領域を形成する際、予め、構築すべき本トンネルに先行して該本トンネルを形成すべき掘削部に沿って作業用トンネルを構築し、該作業用トンネルの内部より地盤内に配置した葉液注入管により行うことを特徴とするものである。

さらに、本発明の請求項3に係るトンネルの構築方法は、請求項1記載のトンネルの構築方法において、葉液の注入を複数回行うことにより前記強度増加領域を多層に構成することを特徴とするものである。

〔作用〕

止水領域および強度増加領域を掘削部の全周域形成することにより掘削部の止水作用と地盤安定化作用との双方の作用が確実に得られるものとなり、トンネル掘削を短期間で効率的にかつ安全に行える。

その場合、前記止水領域および強度増加領域を、本トンネルに先行して構築した作業用トンネルから行うことにより、トンネルの形成深度に影響されることなく地盤改良を効率的に行える。

また、強度増加領域をさらに多層に形成した場合には、掘削時における切羽の安定がより一層図れるものとなる。

〔実施例〕

以下、本発明の実施例を図面を参照しながら説明する。

第1図は本発明の第1実施例を示すもので、本図中符号Tは構築されるべきトンネル、符号GはトンネルTが形成されるべき地盤を示している。地盤Gはこの場合、未固結合水地盤となっている。

上記トンネルTを掘削するに際しては、まず、地盤GにおけるトンネルTを形成すべき掘削部1に沿う部分に、葉液を注入することにより、地下水等の湧水を防止するための止水領域2を形成する。この止水領域2は、図示されるように掘削部1の全周に対して、また、掘削部1の全長にわたって形成する。ここで、この止水領域2は、形成すべきトンネルTの径に対して極めて大径に、すなわち掘削部1を広範囲に圍繞する如く形成する。

この止水領域2を形成するためには、比較的低粘度で地盤Gに対する浸透性に優れた葉液を使用する。また、葉液を注入する際には、従来の葉液注入法により行うことが可能であるが、本発明の請求項2記載の方法によればより効果的である。これについては後述するものとする。

上記の如く止水領域2が形成されたならば、次いで、その止水領域2の内側または内部中央部分に葉液を注入することにより強度増加領域3を形成する。

ここで注入される葉液は、前記止水領域2を形成する

ために用いられた薬液に対し高粘度でかつチキソトロピー性の高いもので、これにより、該強度増加領域3は前記止水領域2よりも耐力が大きく、例えば1軸圧縮強度では前記止水領域2に対して数倍～十数倍を有するものとなっている。この強度増加領域3の形成法も前記止水領域2同様、従来の薬液注入法により行うことができるが、後述の手段によることが望ましい。

この強度増加領域3は上記の如く前記止水領域2の内側に形成するものであるが、ここで、これら強度増加領域3と止水領域2とは完全に分離状態で形成されるものではなく、両領域は、止水領域2の内側部分と強度増加領域3の外側部分とでラップするか、あるいはまた、強度増加領域3は完全に止水領域2にラップして形成されるものとなる。つまりこのことは、両領域が共に薬液の注入により形成されるものであり、薬液は地盤Gに明確な境界面を作り得ないことに起因するものである。

そして、上記の如く掘削部1に強度増加領域3とそれを囲繞する止水領域2とが形成されたならば、掘削部1に沿ってトンネルTを掘削してゆけばよい。

地盤Gの掘削部1の周囲には、強度増加領域3が形成され、しかも該強度増加領域3は止水領域2により囲繞されたものとなっているから、掘削時においても、切羽および壁面の安定が充分に図られ、かつ湧水も確実に阻止されるものとなる。

このように、上記方法によれば、掘削地盤が未固結合水地盤である場合でも、確実な地盤が固結安定と地下水の湧水阻止とが実現されるので、例えば、従来、極端な軟弱地盤では困難とされていたNAMI工法等の適用を可能ならしめるとともに、トンネルTの構築を経済的にかつ安全に行うことができるものとなる。

第2図は、上記止水領域2および強度増加領域3を形成する際の方法について説明したものである。

まず、形成すべき本トンネルTに先行して作業用トンネル4,4を形成する。これら作業用トンネル4は、本トンネルTを形成すべき掘削部1に沿って構築する。この作業用トンネル4は例えば内径3～5mのもので、本実施例のものでは、これをシールドトンネルとしている。つまりここでは、これら作業用トンネル4,4は、通常一般のシールドトンネル同様、セグメント覆工を行いながらシールド掘進機により施工される。ただし、ここで使用される覆工用セグメントのいくつかは、図示は省略するが、後述の薬液注入管5,5,・・・をこの作業用トンネル4内部から周囲の地盤Gに埋設し得るように、厚さ方向に貫通した開口部を形成したものとなっている。

上記の如く作業用トンネル4,4が本トンネルTの掘削部1に沿って先行構築されたならば、次いで、それら作業用トンネル4の内部より、地盤改良のための薬液を注入するための薬液注入管5,5,・・・を地盤G内に埋設する。この薬液注入管5の埋設作業は、削孔機により作業用トンネル4の内部から前記セグメントの開口部を介して地盤

を削孔した後、同様に作業用トンネル4の内部より前記セグメント開口部を介して行う。

薬液注入管5,5,・・・が埋設されたならば、作業用トンネル4内に設置した薬液注入装置(図示せず)により各薬液注入管5に薬液を圧送することにより、薬液を地盤G内に注入する。

この方法により上記止水領域2および強度増加領域3を形成するには、第2図に示すように、予め、それぞれの領域を対象とした薬液注入管5(5A,5B)を別々に埋設し、それら薬液注入管により、止水領域2を形成するための薬液と、強度増加領域3を形成するための薬液とをそれぞれ注入すればよい。

第3図ないし第6図は、上記方法を実施するにあたって、前記作業用トンネル4の設定位置、設定数を変えた場合をそれぞれ示したものである。

第3図のものは、作業用トンネル4を形成されるべき本トンネルTの上方に1本設けたもの、第4図のものは、本トンネルTの両側に本トンネルTからある程度の距離を置いて設けたもの、第5図のものは本トンネルTを2本並行に構築する例で、作業用トンネル4をそれぞれ形成されるべき本トンネルT,Tの間に1本設けたもの、さらに第6図のものは掘削部1に先行して形成したものである。第6図における作業用トンネル4は、本トンネルTの形成とともに取り壊されるものとなる。このように作業用トンネル4の設定数および設定位置は任意であり、上記例以外でも例えば、作業用トンネル4を三角形を形成する如く3本に設けてもよい。

上記方法によれば、地盤改良のための装置等が地上面を占有することなく、しかも無駄の無い精度の高い地盤改良を行えるとともに、本トンネルTの掘削作業を干渉することがないので、本トンネルTの構築作業を極めて効率的に行うことができる。また、本トンネルTに先行して構築される作業用トンネル4は、本トンネルT施工時には資材の搬入路および掘削土砂の搬出路として、また、本トンネルTの完了後には本トンネルTの付帯設備としての避難坑や換気坑、または共同坑等として利用できるばかりでなく、該作業用トンネル4を充分剛性の高いものとして複数本構築した場合には、それら作業用トンネル4,4,・・・が本トンネルTのためのアーチ支保として機能し、地盤補強作用がさらに強化されるといった利点がある(第6図のものは除く)。

次に第7図は本発明の他の実施例を示すもので、本実施例では、前記止水領域2および前記強度増加領域3が形成された後、前記強度増加領域3におけるさらに中心部に近い部分、すなわちより掘削部1に近い部分に、さらに地盤強化用の薬液を注入することにより第2の強度増加領域3'を形成するものとしている。止水領域2を強度増加領域3を囲繞する状態で形成することは上記実施例と同じである。また、この場合、止水領域2および強度増加領域3の形成手段については上記実施例同様に

10

20

30

40

50

行うことができる。

前記第2の強度増加領域3'の形成は、前記注入管5Bを利用して行うこともできるが、例えば第7図に示すように、トンネルTの形成(掘削)に伴い、トンネルTに先行するかたちで切羽より掘削地盤内に挿入した薬液注入管5C, 5C, ...により行うことも可能である。

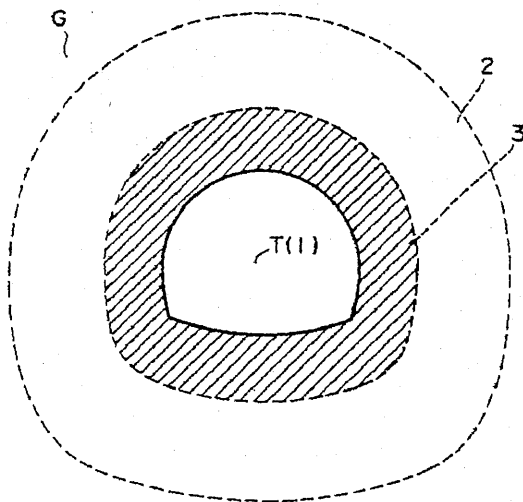
この第2の強度増加領域3'を形成するための薬液としては、強度増加領域3を形成する際に使用した薬液と同じものを用いてもよいし、あるいは、より地盤固結作用の強い薬液を用いてもよい。前者の場合でも薬液の重複使用により地盤強化作用が高められるが、後者によれば地盤強化作用はさらに高まる。

本実施例によれば、切羽部が第2の強度増加領域3'によってさらに補強されるものとなるため、一層の切羽の安定化が図られ、掘削時の安全性をさらに高めるとともに覆工工程の簡略化が図れる。また、上記同様の作業により、さらに第3、第4...の強度増加領域(図示せず)を形成することも可能であり、そのようにした場合には、掘削部地盤のより一層の安定化が図れ、地盤の特に軟弱な部分に適用して効果的である。

なお、本発明はNATM工法によるトンネルに限定されるものではなく、一般に実施されているその他のトンネル工法にも適用可能であることは言うまでもない。さらに、本発明はトンネルに限らず、いわゆる掘削工程を有して構築されるその他の地下構造物(地下空間)の構築に適用することができる。

また、実施例では、作業用トンネル4をシールドトンネルとして説明した、本発明に係る作業用トンネルとしては必ずしもシールドトンネルに限定されるものではない。ただし、このように作業用トンネルをシールドトンネルとすれば、その断面を充分大きく取れるとともに延長距離に制限を受けることもなく、かつ曲線施工にも容易に対応することができ極めて効果的である。

【第1図】



\*〔発明の効果〕

以上説明したとおり本発明の請求項1に係るトンネルの構築方法によれば、地下水の湧水防止と掘削時のトンネル壁面の安定化とが共に確実に実現されるため、未固結合水地盤におけるトンネルの構築を安全・確実かつ経済的に行うことができるものとなる。

また、請求項2に係るトンネルの構築方法によれば地表面を占有することなく、かつ無駄の無い精度の高い地盤改良を行えるとともに、本トンネルの掘削作業を干渉することがないので本トンネルの構築作業を極めて効率的に行うことができ、しかも、作業用トンネルを複数本設けた場合には、これら作業用トンネルがアーチ支保として機能して地盤強化作用が一層高められ、トンネルの構築をより効率的に行うことができる。

そして、請求項3に係るトンネルの構築方法によれば、上記効果に加えさらに切羽面の安定度が増し、特に軟弱な地盤に対してより効率的、安全な掘削作業を行うことができる、等の優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

第1図は本発明の請求項1に係るトンネル構築部の地盤を示す正面縦断面図、第2図は本発明の請求項2に係るトンネル構築部の地盤を作業用トンネル等と共に示す正面縦断面図、第3図ないし第6図は同請求項2に係る他の実施例を示すものでそれぞれトンネル構築部の地盤を作業用トンネルと共に示す正面縦断面図、第7図は本発明の請求項3に係るトンネル構築部の地盤を示す正面縦断面図である。

G.....地盤、T.....トンネル(本トンネル)、

1.....掘削部、2.....止水領域、

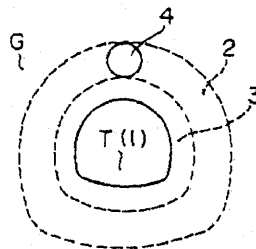
3.....強度増加領域、

3'.....第2の強度増加領域、

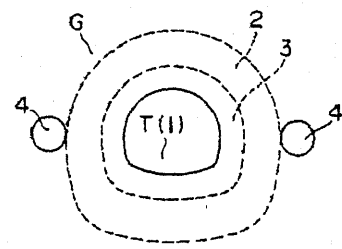
4.....作業用トンネル、

5(5A, 5B, 5C).....薬液注入管。

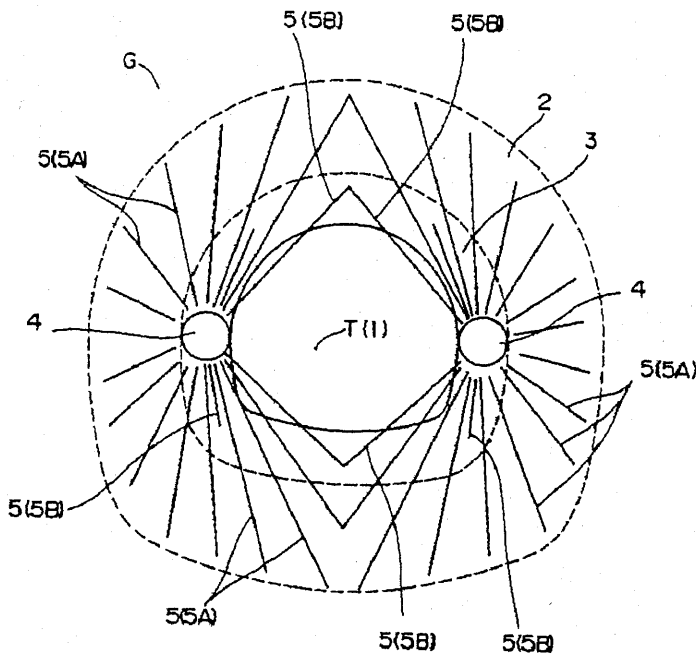
【第3図】



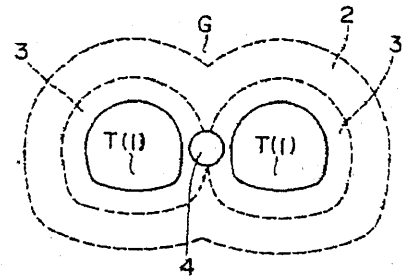
【第4図】



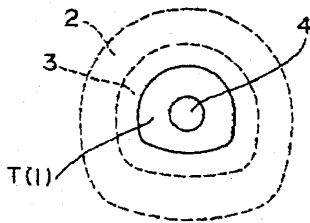
【第2図】



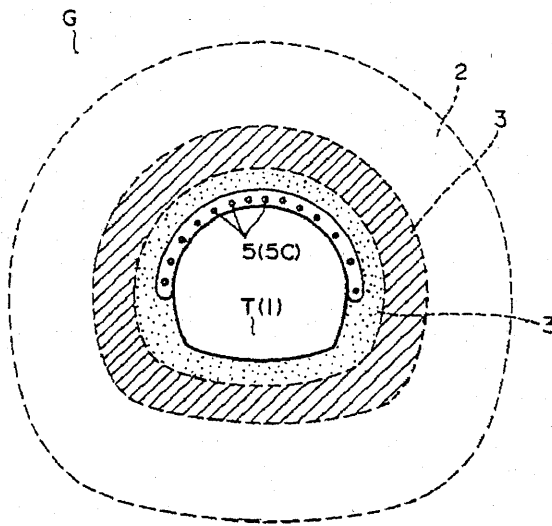
【第5図】



【第6図】



【第7図】



フロントページの続き

(73)特許権者 999999999  
株式会社熊谷組  
福井県福井市中央2丁目6番8号

(73)特許権者 999999999  
佐藤工業株式会社  
富山県富山市桜木町1番11号

(73)特許権者 999999999  
清水建設株式会社  
東京都港区芝浦1丁目2番3号

(73)特許権者 999999999  
東急建設株式会社  
東京都渋谷区渋谷1丁目16番14号

- (73)特許権者 999999999  
株式会社間組  
東京都港区北青山2丁目5番8号
- (73)特許権者 999999999  
株式会社フジタ  
東京都渋谷区千駄ヶ谷4丁目6番15号
- (73)特許権者 999999999  
前田建設工業株式会社  
東京都千代田区富士見2丁目10番26号
- (73)特許権者 999999999  
株式会社三井三池製作所  
東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号
- (72)発明者 足立 義雄  
茨城県つくば市大字旭1番地 建設省土  
木研究所内
- (72)発明者 水谷 敏則  
茨城県つくば市大字旭1番地 建設省土  
木研究所内
- (72)発明者 稲野 茂  
茨城県つくば市大字旭1番地 建設省土  
木研究所内
- (72)発明者 野村 祐  
栃木県宇都宮市中戸祭1-5-18
- (72)発明者 水原 憲三  
茨城県つくば市吾妻4-16-4
- (72)発明者 坂東 幸次  
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番  
1号 川崎重工業株式会社神戸工場内
- (72)発明者 垣内 幸雄  
東京都板橋区赤塚新町3-8-17-402
- (72)発明者 斎藤 武夫  
東京都世田谷区弦巻5-6-16-203号
- (72)発明者 竹林 亜夫  
神奈川県横浜市港南区港南2-8-14-  
604
- (72)発明者 岩村 巖  
東京都調布市柴崎1-57-1-103
- (72)発明者 草深 守人  
埼玉県与野市本町西4丁目17番23号
- (72)発明者 香川 和夫  
東京都渋谷区千駄ヶ谷4丁目6番15号  
フジタ工業株式会社内
- (72)発明者 ▲高▼森 貞彦  
東京都千代田区富士見2-10-26 前田  
建設工業株式会社内
- (72)発明者 今井 英雄  
東京都中央区日本橋室町2-1-1 株  
式会社三井三池製作所内
- (56)参考文献 特公 昭45-38011 (J.P. B1)