

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 特 許 公 報 ( B 2 )

(11) 特許番号

第2852568号

(45) 発行日 平成11年(1999) 2月3日

(24) 登録日 平成10年(1998)11月20日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
E 2 1 D	9/00	E 2 1 D 9/00 A
	9/04	9/04 A
		B

請求項の数 1 (全 5 頁)

(21) 出願番号	特願平3-67005	(73) 特許権者	590005999 建設省土木研究所長 茨城県つくば市大字旭1番地
(22) 出願日	平成3年(1991)3月29日	(73) 特許権者	591063486 財団法人先端建設技術センター 東京都文京区大塚二丁目15番6号 ニッ セイ音羽ビル3・4階
(65) 公開番号	特開平4-302696	(73) 特許権者	000000549 株式会社大林組 大阪府大阪市中央区北浜東4番33号
(43) 公開日	平成4年(1992)10月26日	(73) 特許権者	000112668 株式会社フジタ 東京都渋谷区千駄ヶ谷四丁目6番15号
審査請求日	平成10年(1998)2月25日	(74) 代理人	弁理士 酒井 一
		審査官	中 楨 利 明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 含水地盤におけるトンネル掘削工法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 予めトンネル掘削予定地盤に構築すべきトンネルを囲繞する形態に止水ゾーンを形成すると共に、該止水ゾーンにおけるトンネル切羽面に難透気性材料を吹き付け或いは浸透させて難透気被覆部を形成し、前記止水ゾーンと難透気被覆部とで囲まれた掘削予定地盤内の間隙水を真空脱水して、トンネル内の既掘削部の大気圧に対して前記掘削予定地盤内を負圧にし、前記難透気被覆部を掘削し、該掘削した箇所新たに難透気被覆部を形成しながら、前記掘削予定地盤にかかる負圧を維持しつつ、トンネル切羽面を掘削することを特徴とする含水地盤におけるトンネル掘削工法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は地下水で飽和した軟弱な

2

含水地盤を安定して掘削し得る含水地盤におけるトンネル掘削工法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、都市部などにおける軟弱な含水地盤中にトンネルを掘削する際には、崩壊、流動しようとする地盤内に管を圧入し、その内部で地盤の崩壊を防ぎながら安全に掘削作業及びライニング作業を行う、いわゆる剛性の高い支保工を行うシールド工法が広く知られている。しかし、このようなシールド工法はシールド機械の製作費や覆工用セグメントの単価が高価であるなど、経済的に問題がある。

【0003】 一方、剛性の低い支保工を用い、計測によって地盤と支保工との平衡状態を監視しながら、最大限まで地盤自身の支持力を発揮させる NATM 工法は、シールド工法に比べて支保工が軽減されるため経済的であ

り、近年、施工実績も豊富である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、NATM工法を採用するに当たり、地盤中が地下水で飽和しているような場合には、トンネル切羽は極めて不安定で施工が難しいという欠点がある。このような場合、通常は地下水位を低下させた後、トンネルを掘削する方法が採られるか、または薬液注入による切羽周辺地盤の改良・補強や切羽面からの先受け支保工等の補助工法が採られているが、慎重に施工しないと地盤沈下を引き起こす場合があり、また工事費の上昇、工期の長期化等にもつながり、特に都市部においては施工上の大きな課題となっている。

【0005】本発明は上記問題点を解決すべくなされたものであり、地下水で飽和した軟弱な含水地盤を掘削する際にも、切羽の自立性を向上させ、安定して掘削することができるトンネル掘削工法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的に鑑みてなされたものであり、その要旨は、予めトンネル掘削予定地盤に構築すべきトンネルを圍繞する形態に止水ゾーンを形成すると共に、該止水ゾーンにおけるトンネル切羽面に難透気性材料を吹き付け或いは浸透させて難透気被覆部を形成し、前記止水ゾーンと難透気被覆部とで囲まれた掘削予定地盤内の間隙水を真空脱水してトンネル内の既掘削部の大気圧に対して前記掘削予定地盤内を負圧にし、前記難透気被覆部を掘削し、該掘削した箇所新たに難透気被覆部を形成しながら、前記掘削予定地盤にかかる負圧を維持しつつ、トンネル切羽面を掘削することを特徴とする含水地盤におけるトンネル掘削工法にある。

【0007】ここで前記難透気性材料とは、地盤中の間隙に浸透して、地盤の透気性を減少させる微粒子状の材料、或いは切羽表面に難透気性被膜を形成する材料をいい、セメントミルク、ペントナイト及び樹脂系薬液等が好ましい。

【0008】

【作用】トンネル掘削予定地盤を止水ゾーンと難透気被覆部とで囲んだ後、該トンネル掘削予定地盤内の間隙水を真空脱水することにより、この領域内の土粒子表面に残存する表面水の表面張力によって生じる土粒子間の結合力が、前記真空脱水による含水比の低下と共に高まり、せん断強度に寄与する見掛け上の粘着力が増大し、地盤のせん断強度が増す。また、間隙水の真空脱水により、トンネル内の既掘削部の大気圧が前記トンネル掘削予定地盤内の間隙空気圧を上回ることとなり、トンネル切羽面を前方に向かって押し付けるように作用するため、土留効果を発揮し切羽の自立性が向上するように作用する。

【0009】

【実施例】本発明の好ましい実施例を添付図面に基づき、工程順に説明する。

【0010】まず、含水地盤中のトンネル掘削予定地盤付近にパイロットトンネル1、1を構築し、パイロットトンネル1、1から薬液パイプを延ばし、公知の方法で薬液注入を行い、掘削すべきトンネルの外周部を筒状に被う止水ゾーン2を設けると共に(図1a、1b)、該止水ゾーン2の内側のトンネル切羽面に難透気性材料を吹き付け、難透気被覆部4を設ける(図2)。なお、前記止水ゾーン2を形成するに当たっては、前記した薬液注入に限定するものではなく、含水地盤を凍結させて地盤の強化と遮水とを行う凍結工法等を採用することも可能である。

【0011】次に、前記止水ゾーン2と難透気被覆部4とで囲まれた掘削予定地盤5内における地盤中に含まれた間隙水を真空脱水する。この間隙水は、前記パイロットトンネル1、1から前記掘削予定地盤5内に吸引パイプ3を挿入して真空脱水するか(図1a、1b)、又は、既掘削部5a側からトンネル切羽面を貫通して掘削予定地盤5内に多数の吸水口を有する吸引パイプ6を挿入し、真空ポンプ8等によって真空脱水する(図2)。この真空脱水によって前記掘削予定地盤5は、トンネル内の既掘削部5a内の大気圧に対して負の気圧がかかることになる。なお、図2に示すように、掘削予定地盤5と次に掘削を行うべき地盤5bとの間を密閉遮断するバルクヘッド9を設けることにより、掘削予定地盤5は止水ゾーン2、難透気被覆部4及びバルクヘッド9によりほぼ密閉状態となるため、真空脱水効果をより高めることができる。バルクヘッド9は、止水ゾーン2を設ける際に、薬液注入等により形成することが好ましい。

【0012】この状態で前記難透気被覆部4を掘削し、該掘削した箇所に新たに難透気被覆部4を形成しながら、前記掘削予定地盤5にかかる負の気圧を維持してトンネル切羽面を掘削する。この掘削に当たっては、図2に概略的に先端部のロードヘッダー10のみを示す掘削機等を用いて行なうことができ、該ロードヘッダー10の先端部には前記難透気性材料を切羽面に吹き付けるための吹付けノズル11を備えている。これにより、吹付けノズル11によってトンネル切羽面に難透気性材料を吹付けながら、ロードヘッダー10によってトンネル切羽面の掘削を連続して行なうものである。

【0013】以下に間隙水の真空脱水による切羽面への土留効果及び地盤の見掛けのせん断強度の増加に関する実験結果を示す。

【0014】実験手順

①土槽30内へ仕切板31を挿入し、土留梁32を設置する。吸引孔及び排水孔は予め密閉しておく。また、漏気防止の目的で仕切板31周辺にビニールシート33を張る(ガムテープでできるだけ気密にする)。②クラム

シェルで砂34を投入し、その後水で飽和させ、ボイリングを行なう(図3a)。③充分なボイリングの後、排水バルブ36を開き排水して水締め状態を作る(図3b)。④砂34の上面にもビニールシートを張り(ガムテープでできるだけ気密にする)、吸気ポンプ36により真空脱水を開始する。⑤土留梁32、仕切板31を取り除く。⑥H鋼37、ロードセル38、油圧ジャッキ39及び載荷板40よりなる載荷装置41を設置し、破壊が生じるまで荷重を作用させる。なお、載荷重Qは、 $\Delta Q = 0.5 \text{ tf}$ ピッチで増加させ、吸引は載荷中常に\*

\*定吸気圧に保つ(図3c)。

【0015】実験結果

- 吸気圧  $p = 0 \text{ mmHg}$  ... Case A
- 吸気圧  $p = 60 \text{ mmHg}$  ... Case B
- 吸気圧  $p = 110 \text{ mmHg}$  ... Case C
- 吸気圧  $p = 150 \text{ mmHg}$  ... Case D

上記の様に吸気圧を4通りに変化させた場合の測定結果を表1及び図4に示す。

【0016】

【表1】

実験 CASE	A	B	C	D
吸気圧 $p$ (mmHg)	0	60	110	150
$p$ (tf/m <sup>2</sup> )	0	0.8	1.4	2.0
最大載荷重 $Q$ (tf)	0	1.9	5.3	9.3
$q$ (tf/m <sup>2</sup> )	(自立せず)	1.3	3.5	6.2

【0017】表1及び図4より吸気圧pの上昇に伴い、破壊時における切羽面の押しつけ効果を含めた見掛けのせん断応力 $\tau$ が増加することが確認できた。

【0018】

【効果】本発明に係る含水地盤におけるトンネル掘削工法によれば、止水ゾーンと、該止水ゾーンの内側におけるトンネル切羽面に難透気被覆部とを形成し、前記止水ゾーンと難透気被覆部とで囲まれた掘削予定地盤内の間隙水を真空脱水することにより、せん断強度に寄与する見掛け上の粘着力が増し、地盤強度が増大する。また、間隙水の真空脱水によりトンネル内の既掘削部の大気圧が前記掘削予定地盤内の気圧を上回ることとなり、トンネル切羽面を前方に向かって押し付け、切羽面の自立性が高まる。したがって地下水で飽和した軟弱な含水地盤を掘削する際にも、切羽の自立性を向上させることができ、安定してトンネル掘削を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

※【図1】図1aは含水地盤中のパイロットトンネルから止水ゾーンの形成及び間隙水の真空脱水を行う際の状態を示す概略斜視図、図1bは図1aにおけるIb-Ib断面図である。

【図2】既掘削部から掘削予定地盤の間隙水を真空脱水し、かつ、トンネル切羽面を掘削しながら、新たに難透気被覆部を形成する工程を示すトンネルの概略断面図である。

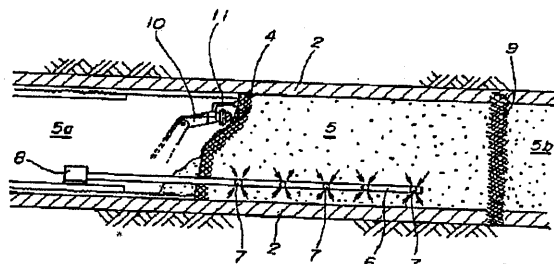
【図3】図3a~図3cは、実験手順を示す説明図である。

【図4】破壊時における吸気圧と見掛けのせん断応力 $\tau$  (tf/m<sup>2</sup>) の関係を示すグラフである。

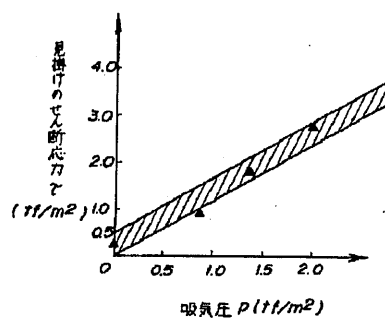
【符号の説明】

- 2 止水ゾーン
- 4 難透気被覆部
- 5 掘削予定地盤
- 9 バルクヘッド

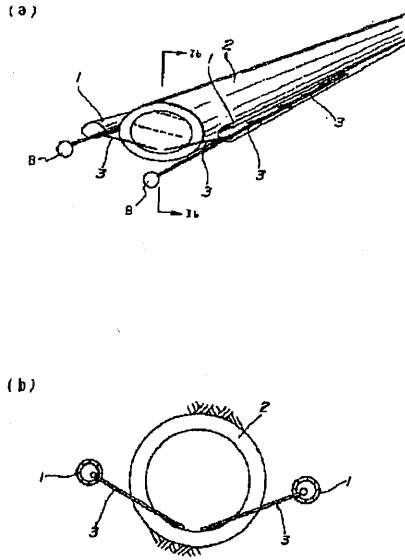
【図2】



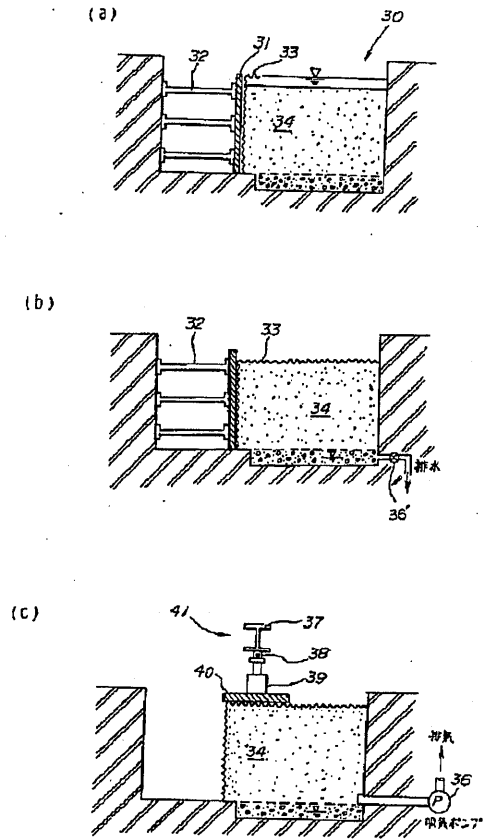
【図4】



【図1】



【図3】



フロントページの続き

(73)特許権者 000005924  
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

(73)特許権者 000224787  
同和工営株式会社  
岡山県岡山市築港栄町31番10号

(73)特許権者 000140982  
株式会社間組  
東京都港区北青山2丁目5番8号

(72)発明者 猪熊 明  
茨城県つくば市大字旭1 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 建設省土木研  
究所内

(72)発明者 丸山 芳男  
東京都文京区音羽二丁目10番2号 財団  
法人先端建設技術センター内

(72)発明者 野村 祐  
大阪府大阪市中央区北浜東4番33号 株  
式会社大林組内

(72)発明者 落石 雅宣  
岡山県岡山市築港新町二丁目32番14号  
同和工営株式会社内

(72)発明者 香川 和夫  
東京都渋谷区千駄ヶ谷四丁目6番15号  
株式会社フジタ内

(72)発明者 今井 英雄  
東京都中央区日本橋室町二丁目1番1号  
株式会社三井三池製作所内

(72)発明者 草深 守人  
東京都港区北青山二丁目5番8号 株式  
会社間組内

(56)参考文献 特開 平3-13690 (JP, A)  
特開 昭60-51293 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, DB名)

E21D 9/00

E21D 9/04