(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3611942号
(P3611942)
(45)発行日　平成17年1月19日(2005.1.19)　(24)登録日　平成16年10月29日(2004.10.29)

(51)Int.Cl.[7]　F I
E21D　9/13　E21D　9/06　301S

請求項の数 1　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願平9-57170
(22)出願日　平成9年2月26日(1997.2.26)
(65)公開番号　特開平10-238281
(43)公開日　平成10年9月8日(1998.9.8)
審査請求日　平成14年4月5日(2002.4.5)

(73)特許権者　000006035
三菱レイヨン株式会社
東京都港区港南一丁目６番４１号
(72)発明者　栗原　勝彦
神奈川県横浜市鶴見区大黒町１０番１号
日東化学工業株式会社　中央研究所内
(72)発明者　澤田　健司
神奈川県横浜市鶴見区大黒町１０番１号
日東化学工業株式会社　中央研究所内
(72)発明者　村山　静男
東京都千代田区丸の内１丁目５番１号
日東化学工業株式会社内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】シールド工法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
切羽面を水あるいは泥水で満たしながら地盤を掘削すると共に、掘削した土砂を排土液として排土管により流体搬送してトンネルを築造するシールド工法において、珪酸、メタ珪酸、リン酸、ポリリン酸、ヘキサメタリン酸の各酸のアルカリ金属塩およびアルカリ金属の水酸化物からなる群から選ばれた少なくとも一種の分散剤を切羽面を満たす水あるいは泥水１００重量部あたり０.５重量部以上の量比で、分散剤を切羽面に満たす水あるいは泥水とは区別し、分散剤専用の注入口よりカッタ近傍に注入しながら地盤を掘削することを特徴とするシールド工法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、水あるいは泥水を切羽面に満たしながら地盤を掘削すると共に、掘削した土砂を排土液として排土管により流体搬送しトンネルを築造するシールド工法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
鉄道、道路、用水、下水等を地中に通すための通路となるトンネルの掘削に際し、特に軟弱な地盤に安全、容易にトンネルを築造する工法として、シールド工法がある。
【０００３】
この工法の一例として、水とベントナイトまたは現場発生の粘性土を混合して作成された

泥水を切羽面に加圧・注入することでシールドマシンカッタ室後部の隔壁と切羽面の間を泥水で満たし切羽の安定を図るとともに、切削された土砂を排土管により排土液として流体搬送しトンネルを築造する、いわゆる泥水加圧シールド工法がある。

【０００４】

そしてこの泥水に関し、「新体系土木工学　７１　トンネル（ＩＩ）、土木学会編、２章シールドトンネル」には、「泥水の施工時に於ける比重は１．０５～１．３程度、粘性（ファンネル粘性）はシルト層２５～３０、砂層３０～３８、砂礫層３５～４４とされており、水とベントナイト又は現場発生の粘性土を混合して作成され、ＣＭＣ（ナトリウムカルボキシメチルセルローズ）等、添加剤を用いることが多い」ことが記載されている。

【０００５】

更にこの泥水に関し、施工対象地盤がシルト層や粘土層等、土粒子の粘着力が高い地盤の場合には、掘削した土砂を排土液として排土管により流体搬送の際に、排土管内で閉塞による詰まりを防止するために、リグニンスルホン酸塩又はその誘導体・オキシ有機酸塩・アルキルアリルスルホン酸塩・ポリオキシエチレンアルキルエーテル・ポリオール複合体・高級多価アルコールスルホン酸塩・メラミンホルマリン縮合物スルホン酸塩等を主成分とする各種の流動化剤が泥水に添加されている。

【０００６】

又、切削された土砂を含む排土液は、シールドマシンカッタ室後部より直接排泥管によりポンプ圧送したり、排土管口がシールドマシンカッタ室後部に設置できない場合には、シールドマシンカッタ室後部より排土管口までスクリュウコンベアで排土液を搬送後、排土管によりポンプ圧送されている。

【０００７】

一方、地盤の切削効率を高める方法として、特開平５－３３９９３５号公報には、流動化剤としてリグニンスルホン酸、ナフタレンスルホン酸、オキシカルボン酸、ポリカルボン酸、アルキルアリルスルホン酸、メラミンスルホン酸の各ナトリウムやカルシウム等アルカリ金属の塩又はこれらのホルマリン縮合物や、分散剤として珪酸、メタ珪酸、リン酸、ポリリン酸、ヘキサメタリン酸の各酸のアルカリ金属塩又は水酸化ナトリウムの少なくとも一種を、土砂切削用水１００重量部に対し１～１０重量部の範囲の量比で加え、この土砂切削用水を注入管の小噴射孔から地盤内に噴射して地盤を切削する方法が開示されている。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、特開平５－３３９９３５号公報に記載された方法は土砂切削用水を注入管の小噴射孔から地盤内に高圧で噴射して地盤を切削する方法であり、通常、掘削される地盤は土質が一定でなく、切削用水噴射による掘削では土質の違いにより掘削できる径が異なるためトンネルのように一定の径で掘削する必要がある対象に対しては不都合である、掘削速度が異なるため切り羽全体を一定の速度で掘削できず切り羽面に不陸を生じ、切り羽面崩落を起こす場合があるなどの不都合がある。

【０００９】

シールドマシンカッタを用いる工法では常に一定の径で掘削できるため、上記のような問題はないが、カッタを用いる従来の工法においては、特に施工対象地盤がシルト層や粘土層等、土粒子の粘着力が高く、排土液が排土管内で閉塞を起こすような地盤の場合には、シールドマシンカッタトルクが増大するため機械損耗が大きくなったり、地盤の掘削効率が低下し掘削に長時間を要するというような問題点がある。

【００１０】

又、シールドマシンカッタ室より排出された排土液の排土管口までの搬送にスクリューコンベアを用いる場合は、スクリューコンベアのトルクが増大し、機械損耗が大きくなるという問題点もある。

【００１１】

更に上記問題点を解決するため、前記特開平５－３３９９３５号公報で開示された手法を

応用し、泥水に、珪酸、メタ珪酸、リン酸、ポリリン酸、ヘキサメタリン酸の各酸のアルカリ金属塩又は水酸化ナトリウム等の分散剤を添加して施工を行う場合には、分散剤成分の作用により、泥水の粘度が下がり、切羽の安定という泥水の本来の目的を達せなくなるという問題がある。

【００１２】

本発明の目的は、従来の方法における上記問題点を改善し、特に施工対象地盤がシルト層や粘土層等、土粒子の粘着力が高く、排土液が排土管内で閉塞を起こすような地盤の場合であっても、切削効率の低下やカッタトルクの増大を抑え、更に排土管内の閉塞やスクリューコンベアトルクの増大も抑えることができるシールド工法を提供することにある。

【００１３】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上記問題点を解決すべく鋭意検討した結果、切羽面を水あるいは泥水で満たしながら地盤を掘削すると共に、掘削した土砂を排土液として排土管により流体搬送してトンネルを築造するシールド工法において、分散剤成分をカッタ近傍に注入しながら地盤を掘削することにより、特に施工対象地盤がシルト層や粘土層等、土粒子の粘着力が高く、従来の工法では排土液が排泥管内で閉塞を起こすような地盤の場合であっても、切削効率の低下やカッタトルクの増大を抑え、更に、排土管内の閉塞やスクリューコンベアトルクの増大も抑えることができることを知り、本発明を完成した。

【００１４】

本発明は、「切羽面を水あるいは泥水で満たしながら地盤を掘削すると共に、掘削した土砂を排土液として排土管により流体搬送してトンネルを築造するシールド工法において、分散剤からなる群から選ばれた少なくとも一種の成分をカッタ近傍に注入しながら地盤を掘削することを特徴とするシールド工法。」を要旨とする。

【００１５】

本発明において用いられる分散剤とは懸濁液中の土粒子の分散を促進させたり、分散状態の懸濁液の綿毛化を防ぐために通常用いられるものであればどのようなものも用いることができ、分散剤として、珪酸、メタ珪酸、リン酸、ポリリン酸、ヘキサメタリン酸の各酸のアルカリ金属塩及びアルカリ金属の水酸化物からなる群から選ばれた少なくとも一種を好ましい例として示すことができる。又、切羽面を満たす水あるいは泥水１００重量部あたり、前記の分散剤を０．５重量部以上の量比で加えることがよい。

【００１６】

以下、本発明を更に詳細に説明する。

本発明の方法は、例えば泥水加圧シールド工法等、切羽面を水あるいは泥水で満たしながら地盤を掘削すると共に、掘削した土砂を排土液として排土管により流体搬送してトンネルを築造するシールド工法に適用できる。

【００１７】

本発明の方法では、上記シールド工法で地盤を切削する際、珪酸、メタ珪酸、リン酸、ポリリン酸、ヘキサメタリン酸の各酸のアルカリ金属塩及びアルカリ金属の水酸化物の群から選ばれた少なくとも一種をカッタ近傍に注入しながら地盤を切削する。

【００１８】

前記の珪酸やメタ珪酸等の珪酸類のアルカリ金属塩としては、珪酸ナトリウム、珪酸カリウム、珪酸リチウム、メタ珪酸ナトリウム等を挙げることができる。

【００１９】

前記のリン酸、ポリリン酸、ヘキサメタリン酸等のリン酸類のアルカリ金属塩としては、リン酸ナトリウム、リン酸二ナトリウム、リン酸一ナトリウム、ポリリン酸ナトリウム、ヘキサメタリン酸ナトリウム等を挙げることができる。

【００２０】

前記のアルカリ金属の水酸化物としては、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等を挙げることができる。

【００２１】

分散剤として、例えば、リグニンスルホン酸、ナフタレンスルホン酸、オキシカルボン酸、ポリカルボン酸、アルキルアリルスルホン酸、メラミンスルホン酸の各ナトリウムやカルシウム等アルカリ金属の塩又はこれらのホルマリン縮合物等、本発明が規定する以外の成分では、本発明が目的とする効果が得られない。

【００２２】

本発明の方法では、分散剤を切羽面に満たす水あるいは泥水とは区別し、地盤掘削を行うカッタの近傍に注入することが肝要である。

注入に際し、分散剤は粉体、液体、水溶液等、その形態に制約はなく、施工状況に応じ適宜選択できる。

【００２３】

このような注入方法の規定を満たすように分散剤を注入する方法としては、例えば、カッタを取り付けてあるカッタディスクの面盤に専用の注入口を設け、そこから水溶液とした分散剤を、後記する量比となるよう所定流量で注入する方法を挙げることができる。

【００２４】

分散剤を、切羽面に満たす水あるいは泥水と一緒にして注入を行うと、分散剤の作用により、泥水の粘度が下がり、切羽の安定という泥水の本来の目的を達せなくなるのに加え、シールドマシンカッタトルクの増大を抑制する効果も小さくなり、本発明の目的を達成し得ない。

【００２５】

本発明の方法において、注入する分散剤の使用量は、切羽の安定を図るために切羽面を満たしている水あるいは泥水１００重量部あたり、０．５重量部以上、好ましくは１～１０重量部の量比とすることがよい。

【００２６】

注入する分散剤の使用量が、０．５重量部未満では排土液の排土管内での閉塞を避けられず、本発明の効果が得られない。

一方１０重量部超える量用いても、効果の向上は頭打ちとなり、不経済である。

【００２７】

【実施例】

以下、実施例および比較例によって、本発明を具体的に説明する。

実施例１～７

土質がシルト質粘性土（含水比１０５％）の地盤において、カッタを取り付けてあるカッタディスクの面盤に設けた分散剤専用の注入口より、表１に記載した分散剤を、４０重量％の濃度に調整した水溶液として表１に記載の量注入しながら、泥水加圧シールド工法で地盤を１２０ｍ掘削した。

この際、シールドマシンカッタ室より排出された排土液は排土管口までスクリュウコンベアで搬送後、φ３００ｍｍの排土管により５００ｍポンプ圧送し排出した。

【００２８】

泥水加圧シールド工法の仕様

・シールド本体

外径：１００００ｍｍφ

全長：８２７０ｍｍ

シールドジャッキ：２５０ｔ×１１００ｓｔ×３００ｋｇｃｍ^2×３３本

切羽面積当り推力：１０５ｔ／ｍ^2

【００２９】

・カッタ

形式：全断面掘削正逆転方式超高チップ付カッタ

掘削外径：９９７０ｍｍφ

回転数：０～０．５７ｒｐｍ

【００３０】

・スクリュウコンベア

スクリュウ羽径：５５２ｍｍφ
回転数：０～３０ｒｐｍ
・泥水
水道水にベントナイトを加え比重１．３に調整して使用。
送泥量：８０Ｌ／分
【００３１】
各条件における、カッタトルクやスクリュウトルクの施工中の平均値、排土管内閉塞の有無、施工に要した時間を表１に示した。
【００３２】
【表１】

	分散剤			カッタトルク(平均値)		スクリュウトルク(平均値)		排土管管内閉塞	施工所要時間
	1)種類	注入量2)	注入方法	3) t･m	低減率	4) kg･m	低減率		分
実施例１	HMPNa	10	1	99	31.7	1180	34.1	無	48
実施例２	PPNa	10	1	106	26.9	1200	33.0	無	50
実施例３	SiNa	10	1	100	31.0	1210	32.4	無	51
実施例４	SiNa	0.6	1	126	13.1	1300	27.4	無	70
実施例５	SiNa	1	1	120	17.2	1250	30.2	無	63
実施例６	SiNa	12	1	99	31.7	1200	33.0	無	50
実施例７	KOH	10	1	104	28.3	1220	31.8	無	49
比較例１	—	—	—	145	0	1790	0	有	状況1
比較例２	LSNa	10	1	143	1.4	1620	9.5	無	115
比較例３	MFSNa	10	1	137	5.5	1690	5.6	無	118
比較例４	SiNa	0.3	1	129	11.0	1490	16.8	有	状況1
比較例５	KOH	10	2	132	9.0	1540	14.0	無	状況2

【００３３】
表１において、
１）分散剤種類として記載された符号は以下の意味を示す。
ＨＭＰＮａ：ヘキサメタ燐酸ナトリウム
ＰＰＮａ　：ポリ燐酸ナトリウム
ＳｉＮａ　：珪酸ナトリウム
ＫＯＨ　　：水酸化カリウム
ＬＳＮａ　：リグニンスルホン酸ナトリウム
ＭＦＳＮａ：メラミンホルマリン縮合物スルホン酸ナトリウム
２）注入量：切羽面を満たす泥水１００重量部あたりの分散剤注入量
３）カッタトルク低減率：

１００－（カッタトルク値／分散剤未添加時の同値）×１００（％）
４）スクリュウトルク低減率：
１００－（スクリュウトルク値／分散剤未添加時の同値）×１００（％）
を示す。
又、施工所要時間欄の状況１は「管内閉塞のため施工中断」、状況２は「切り羽に緩みが生じ施工中断」を示す。
【００３４】
比較例１～３
比較として、分散剤を使用しなかった（比較例１）、又は分散剤としてヘキサメタ燐酸ナトリウムの代わりに表１に示すもの用いた（比較例２、３）以外は実施例１と同様にした。それらの結果を表１に示す。
分散剤を添加しなかった場合は、排土液が排土管内で閉塞を起こし、所定距離を連続して掘削することができなかった。
【００３５】
分散剤として、本発明で規定する以外の成分を添加した場合は、排土液の排土管内での閉塞は無く、所定距離を連続して掘削することはできたが、この時のカッタトルクの低減率は２～６％程度、スクリュウトルクの低減率は５～１０％程度であり、施工に１１０分以上を要した。
【００３６】
比較例４
分散剤の注入量を表１記載の量にした以外は実施例３と同様にした。その結果を表１に示す。
実施例３～６、比較例４は分散剤の泥水に対する使用量の影響を示したものである。
分散剤の使用量が泥水に対し０．５重量部よりも少ない場合（比較例４）、カッタトルクやスクリュウトルクの低減は見られたが、排土液が排土管内で閉塞を起こし、所定距離を連続して掘削することができなかった。
【００３７】
比較例５
比較例５は分散剤の注入方法の影響を示す。
分散剤をカッタディスクの面盤に設けた分散剤専用の注入口より注入する代わりに、泥水の送泥管を用いて、泥水と一緒に送液しながら施工を行った以外は実施例７と同様にした。その結果を表１に示す。
この場合、カッタトルク低減の効果は小さく、また掘削中の切羽に緩みが生じ、施工を中断した。
【００３８】
これに対し、分散剤の種類、注入量、注入方法とも本発明の規定を満たした場合（実施例１～７）には、カッタトルクやスクリュウトルクとも大幅に低減し、排土液の排土管内での閉塞は無く、短時間で効率よく施工を行えた。
なお、注入量が泥水に対し１０重量部を超える量用いた場合（実施例６）、本発明の効果は得られるものの、効果の上昇は頭打ちとなった。
【００３９】
【発明の効果】
本発明の方法によって、切羽面に水あるいは泥水を注入しながら地盤を掘削すると共に、掘削した土砂を排土液として排土管により流体搬送してトンネルを築造するシールド工法において、切羽の安定という泥水の本来の目的を損なうことなく、特に施工対象地盤がシルト層や粘土層等の粘着力が高く、排土液が排土管内で閉塞を起こすような地盤の場合であっても、切削効率の低下やカッタトルクの増大を抑え、更に、排土管内の閉塞やスクリューコンベアトルクの増大も抑えることができ、より安全・確実・効率よくトンネルを掘削できる。

フロントページの続き

(72)発明者　小林　　英樹
東京都千代田区丸の内１丁目５番１号　日東化学工業株式会社内

審査官　安藤　勝治

(56)参考文献　特開平０５－３３９９３５（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－３３３９８３（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－００３５４５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
E21D　9/13