

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-74957  
(P2015-74957A)

(43) 公開日 平成27年4月20日(2015.4.20)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
E 2 1 D 9/06 (2006.01)	E 2 1 D 9/06 3 0 1 Z	2 D 0 4 0
E 0 2 D 3/12 (2006.01)	E 0 2 D 3/12 1 0 2	2 D 0 5 4

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-213553 (P2013-213553)	(71) 出願人	000001373 鹿島建設株式会社 東京都港区元赤坂一丁目3番1号
(22) 出願日	平成25年10月11日(2013.10.11)	(74) 代理人	100078330 弁理士 笹島 富二雄
		(74) 代理人	100129425 弁理士 小川 護晃
		(74) 代理人	100087505 弁理士 西山 春之
		(74) 代理人	100167025 弁理士 池本 理絵
		(74) 代理人	100168642 弁理士 関谷 充司
		(74) 代理人	100136227 弁理士 長谷 玲子

最終頁に続く

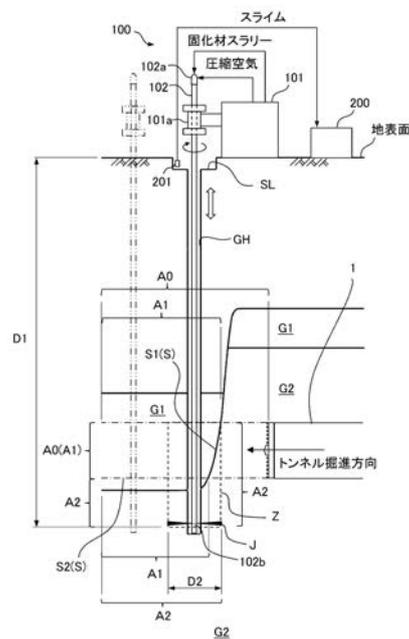
(54) 【発明の名称】 トンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法

(57) 【要約】

【課題】大礫や粒径の大きな玉石を堆積物として含む地盤を掘進速度の低下を招くことなく掘進することが可能なトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法を提供する。

【解決手段】礫及び玉石の少なくとも一方が堆積物として堆積している礫層(土層) G 1を含む地盤を、シールド掘進機 1により掘進するトンネル掘進方法であって、シールド掘進機 1の掘進予定領域 A 0と礫層 G 1とが重なる重複領域 A 1と、重複領域 A 1の下方に位置し重複領域 A 1に連続する下方領域 A 2とに、比重が堆積物の比重より低い液体を噴射して、重複領域 A 1及び下方領域 A 2の地盤を流動化させることにより、重複領域 A 1の堆積物を下方領域 A 2に沈降させ、シールド掘進機 1により掘進する、構成とする。

【選択図】 図 2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

礫及び玉石の少なくとも一方が堆積物として堆積している土層を含む地盤を、シールド掘進機により掘進するトンネル掘進方法であって、

前記シールド掘進機の掘進予定領域と前記土層とが重なる重複領域と、該重複領域の下方に位置して前記重複領域に連続する下方領域とに、比重が前記堆積物の比重より低い液体を噴射して、前記重複領域及び前記下方領域の地盤を流動化させることにより、前記重複領域の前記堆積物を前記下方領域に沈降させ、

前記シールド掘進機により掘進する、トンネル掘進方法。

## 【請求項 2】

前記液体は、固化材を含む、請求項 1 に記載のトンネル掘進方法。

## 【請求項 3】

前記液体の噴射は、前記地盤の地表面から下方に向かって延設される液体噴射ロッドを、地上側から操作して行われる、請求項 1 又は 2 に記載のトンネル掘進方法。

## 【請求項 4】

前記液体の噴射は、前記シールド掘進機の前部から機外に向かって延設される液体噴射ロッドを、前記シールド掘進機の機内から操作して行われる、請求項 1 又は 2 に記載のトンネル掘進方法。

## 【請求項 5】

前記流動化の処理は、前記下方領域から前記重複領域に向かって順次行われる、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のトンネル掘進方法。

## 【請求項 6】

礫及び玉石の少なくとも一方が堆積物として堆積している土層がシールド掘進機による掘進予定領域の地盤に含まれる場合に、シールド掘進機の掘進に先立って前記堆積物を前記掘進予定領域から除去する堆積物除去方法であって、

前記掘進予定領域と前記土層とが重なる重複領域と、該重複領域の下方に位置して前記重複領域に連続する下方領域とに、比重が前記堆積物の比重より低い液体を噴射して、前記重複領域及び前記下方領域の地盤を流動化させることにより、前記重複領域の前記堆積物を前記下方領域に沈降させて該堆積物を前記掘進予定領域から除去する、堆積物除去方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、礫や玉石を堆積物として含む地盤をシールド掘進機により掘進するトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

トンネル工事における地盤の掘削は、一般的に、シールド掘進機により行われている。このシールド掘進機によるトンネル掘進方法としては、いわゆる土圧式（泥土圧式）や泥水式のシールド掘進機を用いたトンネル掘進方法が知られている。

## 【0003】

土圧式シールド掘進機では、例えば、スポークタイプの Cutterヘッドの後部に土圧チャンバを設け、スポークの隙間を介して土圧チャンバ内に取り込んだ掘削土砂に加泥材を混練して掘削土砂を泥土に変換し、この泥土をスクリュウコンベアにより土圧チャンバから排出している。そして、この排出量等を調節して土圧チャンバ内の泥土圧を切羽に作用させることで、切羽を安定させつつ掘進している。

また、泥水圧シールド掘進機では、例えば、面板タイプの Cutterヘッドの後部に泥水チャンバを設け、Cutterヘッドの面板に設けられたスリットを介して泥水チャンバ内に掘削土砂を取り込むと共に、泥水チャンバ内に泥水を加圧供給し、掘削土砂と泥水を排泥管により泥水チャンバから排出している。そして、この排出量等を調節して泥水チャンバ内の

10

20

30

40

50

泥水圧を切羽に作用させることで、切羽を安定させつつ掘進している。

【0004】

ここで、事前のボーリング調査等により地盤の掘進予定領域に、粒径の大きな、礫（大礫）や玉石等が存在することが分かっている場合、掘進や掘削土砂の排出の障害になるため、様々な工夫が上記泥水圧式や土圧式のシールド掘進機に施されている。

【0005】

例えば、泥水式シールド掘進機においては、一般的に、面板タイプのカタヘッドにローラカタを複数設けて、このローラカタにより大礫や粒径の大きな玉石をスリット及び排泥管を通過可能な粒径に粉碎して排出している。

また、特許文献1には、土圧式シールド掘進機において、土圧チャンバ内に破碎装置を設け、スポークの隙間を介して土圧チャンバ内に取り込んだ掘削土砂に含まれる大礫などをスクリーコンベアで排出可能な粒径に破碎して排出することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-68384号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、泥水式シールド掘進機を用いたトンネル掘進方法において、カタヘッドにローラカタを設けて、礫等をスリットを通過可能な粒径まで破碎しつつ地盤を掘進すると、掘進速度の低下を招き、効率的な掘進を行うことができない。

一方、土圧式シールド掘進機を用いたトンネル掘進方法において、土圧チャンバ内に破碎装置を設けたとしても、スポーク間を通過できないほど大きな粒径の礫等が掘進機前方の地山に堆積している場合は、安定した掘進を行うことが困難である。この場合、カタヘッドにローラカタを設けて対応することも考えられるが、前述したように掘進速度の低下を招くことになるし、そもそも、掘進を停止して、その現場でカタヘッドを改造することは困難である。

【0008】

本発明は、このような課題に着目してなされたものであり、大礫や粒径の大きな玉石を含む地盤を掘進する場合であっても、掘進速度の低下を招くことなく地盤を掘進することが可能なトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題に対して、本発明に係るトンネル掘進方法は、その一態様として、礫及び玉石の少なくとも一方が堆積物として堆積している土層を含む地盤を、シールド掘進機により掘進するトンネル掘進方法であって、前記シールド掘進機の掘進予定領域と前記土層とが重なる重複領域と、該重複領域の下方に位置して前記重複領域に連続する下方領域とに、比重が前記堆積物の比重より低い液体を噴射して、前記重複領域及び前記下方領域の地盤を流動化させることにより、前記重複領域の前記堆積物を前記下方領域に沈降させ、

前記シールド掘進機により掘進する、構成とした。

【0010】

また、本発明に係る堆積物除去方法は、その一態様として、礫及び玉石の少なくとも一方が堆積物として堆積している土層がシールド掘進機による掘進予定領域の地盤に含まれる場合に、シールド掘進機の掘進に先立って前記堆積物を前記掘進予定領域から除去する堆積物除去方法であって、前記掘進予定領域と前記土層とが重なる重複領域と、該重複領域の下方に位置して前記重複領域に連続する下方領域とに、比重が前記堆積物の比重より低い液体を噴射して、前記重複領域及び前記下方領域の地盤を流動化させることにより、前記重複領域の前記堆積物を前記下方領域に沈降させて該堆積物を前記掘進予定領域から除去する、構成とした。

10

20

30

40

50

## 【発明の効果】

## 【0011】

本発明に係るトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法の上記一態様によると、シールド掘進機の掘進に先立って、掘進予定領域と礫や玉石を含む土層とが重なる重複領域と、この重複領域の下方に位置して重複領域に連続する下方領域とに、堆積物より低比重の液体を噴射する。そして、この液体噴射により重複領域及び下方領域の地盤を流動化させることによって重複領域内の堆積物をその自重により下方領域に沈降させて掘進予定領域から堆積物を除去した後、シールド掘進機により掘進する。

このように、重複領域の土層に元々堆積していた礫や玉石を、その下方領域に沈降させた後に、その重複領域等をシールド掘進機により掘進することができるため、掘進速度を低下させずに掘進することができる。

10

## 【0012】

このようにして、大礫や粒径の大きな玉石が堆積している土層を含む地盤を掘進する場合であっても、掘進速度の低下を招くことなく地盤を掘進することが可能なトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0013】

【図1】本発明に係る第1実施形態のトンネル掘進方法を適用するトンネル工事エリアの地盤の断面図である。

【図2】上記実施形態のトンネル掘進方法に用いる地盤流動化装置の概略構成を示す断面図である。

20

【図3】上記実施形態のトンネル掘進方法に用いるシールド掘進機の概略構成を示す断面図である。

【図4】上記実施形態におけるトンネル掘進方法におけるガイドホール掘削工程を説明するための地盤断面図である。

【図5】図4に続く、トンネル掘進方法における液体噴射ロッド建て込み工程を説明するための地盤断面図である。

【図6】図5に続く、トンネル掘進方法における高圧噴射攪拌工程を説明するための地盤断面図である。

【図7】図6の状態から、液体噴射ロッドをさらに上方に引き上げたときの、地盤断面図である。

30

【図8】図7の状態における地盤の流動化状態を説明するための地盤のイメージ断面図である。

【図9】図7に続く、トンネル掘進方法における液体噴射ロッド引抜き工程を説明するための地盤断面図である。

【図10】本発明に係る第2本実施形態のトンネル掘進方法を説明するための地盤断面図である。

【図11】図10の状態における地盤の流動化状態を説明するための地盤のイメージ断面図である。

40

## 【発明を実施するための形態】

## 【0014】

以下、添付図面を参照して、本発明に係るトンネル掘進方法の実施形態について説明する。

## 【0015】

図1は、本発明に係る第1実施形態のトンネル掘進方法を適用するトンネル工事エリアの地盤の断面図であり、シールド掘進機1の円筒状の掘進予定領域A0と地盤の各層との位置関係を示した図である。図2は、本実施形態のトンネル掘進方法に用いる地盤流動化装置100の概略構成図である。なお、図2及び後述する図4～図7において、礫層G1及び泥岩層G2は、図の簡略化のため、図1で礫や粘土質等をイメージした模様を省略して示した。また、シールド掘進機1については、後に詳述する。

50

## 【 0 0 1 6 】

本実施形態におけるトンネル工事エリアの地盤は、図 1 に示すように、礫層 G 1 と、この礫層 G 1 の下方に隣接する泥岩層 G 2 とを含んで構成されているものとする。なお、図 1、図 2、後述の図 4 ~ 図 1 1 において、礫層 G 1 の上方の地層については、図の簡略化のため省略した。

## 【 0 0 1 7 】

礫層 G 1 は、例えば、礫及び玉石が堆積物として堆積してなるいわゆる玉石混じりの礫層であるものとする。礫及び玉石としては、様々な粒径のものが含まれている。

本実施形態においては、礫層 G 1 には、シールド掘進機 1 の後述するスポーク間の隙間、及び、スクリュコンベア 3 5 内（後述する図 3 参照）を通過することができない粒径の大礫や玉石が堆積しているものとする。

なお、この礫層 G 1 が、本発明に係るトンネル掘進方法における「礫及び玉石の少なくとも一方が堆積物として堆積している土層」に相当する。

## 【 0 0 1 8 】

泥岩層 G 2 は、粘性土質であり、シールド掘進機 1 により比較的容易に掘進可能な地層である。本実施形態のトンネル工事エリアにおける泥岩層 G 2 には、地殻変動等によって生じた段差面 S 1 がある。この泥岩層 G 2 は、礫層 G 1 と垂直方向（図 1 では上下方向）で隣接すると共に、段差面 S 1 で礫層 G 1 と水平方向（図 1 では左右方向）にも隣接している。図 1 は、シールド掘進機 1 が、図中矢印で示すように、泥岩層 G 2 内を段差面 S 1 に向かって水平方向に掘進し、段差面 S 1 の手前に位置している状態を示している。図 1 中、一点鎖線は、シールド掘進機 1 のその後の掘進中の外形軌跡を示している。シールド掘進機 1 の掘進予定領域 A 0 は、この外形軌跡（一点鎖線）とシールド掘進機 1 の前部とで囲まれた円筒状の領域を言う。本実施形態において、この掘進予定領域 A 0 の一部は、礫層 G 1 と重複している。このシールド掘進機 1 の掘進予定領域 A 0 と礫層 G 1 とが重なる重複領域 A 1 は、図 1 では、一点鎖線と段差面 S 1 とで囲まれた円筒状の領域である。

ここで、シールド掘進機 1 の掘進予定領域 A 0 に大礫や粒径の大きな玉石が含まれている場合、このままでは、後述する一般的なシールド掘進機 1 では安定した掘進を行うことが困難であるため、本実施形態においては、シールド掘進機 1 による重複領域 A 1 への掘進に先立って、この重複領域 A 1 を含む地盤を流動化させる地盤流動化装置 1 0 0 の本体 1 0 1 を地上に設置している。

以下に、地盤流動化装置 1 0 0 について、詳述する。

## 【 0 0 1 9 】

地盤流動化装置 1 0 0 は、図 2 に示すように、本体 1 0 1 と、液体噴射ロッド 1 0 2 とを含んで構成され、重複領域 A 1 の上方に対応した地上に本体 1 0 1 が設置され、重複領域 A 1 と、この重複領域 A 1 の下方に位置して重複領域に連続する下方領域 A 2 とに、比重が礫及び玉石（堆積物）の比重より低い液体を噴射して、重複領域 A 1 及びその下方領域 A 2 の地盤を流動化させるものである。下方領域 A 2 は、詳しくは、重複領域 A 1 の下方に隣接しその隣接面 S から下方の領域である。

なお、図 2 において、重複領域 A 1 の隣接面 S とは、前述の段差面 S 1 と、半円弧状断面の下方面 S 2 とからなる。つまり、図 2 において、下方領域 A 2 とは、段差面 S 1 及び下方面 S 2 から下方の所定深さ D 1（地表面からの深さ）までの領域を言う。下方領域 A 2 の容積は、重複領域 A 1 に含まれる礫及び玉石が後述するようにこの下方領域 A 2 内に十分に沈降できるように重複領域 A 1 の容積に対応して設定されている。

## 【 0 0 2 0 】

地盤流動化装置 1 0 0 による流動化処理に伴って、本実施形態では後述するように円筒状の造成体 Z（図 2 で破線で示す）が形成される。この造成体 Z の直径 D 2、つまり、一回の処理で流動化可能な水平方向の範囲は、後述のジェット流 J の圧力及び液体噴射ロッド 1 0 2 の引き上げ速度や土質等によって定まり、限界がある。一回の流動化処理で造成可能な造成体 Z 内に、重複領域 A 1 及び下方領域 A 2 を全て包含することができれば、流動化処理は一回で完了する。しかし、図 2 に示すように、重複領域 A 1 及び下方領域 A 2

が造成体 Z より広い空間を占めている場合は、図中二点鎖線で示すように、別の地盤流動化装置 100 で、残りの重複領域 A1 及び下方領域 A に対して流動化処理を行ってもよいし、一台の地盤流動化装置 100 を移設して、順次流動化処理を行うようにしてもよい。

#### 【0021】

本実施形態において、礫及び玉石より比重の低い液体とは、例えばセメント系の固化材を含んだ固化材スラリー（いわゆるセメントミルク）である。通常、礫及び玉石の比重は、 $2.6 \sim 2.7 \text{ kg/cm}^3$  であり、セメント系の固化材スラリー（セメントミルク）の比重は、 $1.3 \sim 1.4 \text{ kg/cm}^3$  である。したがって、本実施形態における地盤流動化装置 100 は、地盤を、後に詳述するようにして流動化させると共に、適宜配合された固化材の種類や配合比等によって定まる所定時間経過後に固化させて円筒状の造成体 Z（図 1 で破線で示す）を造成させる機能も有する。

10

#### 【0022】

本体 101 は、図示省略するが、固化材スラリーを貯蔵するタンクと、固化材スラリーを超高圧大流量（例えば、圧力：30MPa 程度、吐出流量： $0.2 \sim 0.4 \text{ m}^3/\text{分}$  程度）で圧送可能な超高圧ポンプと、エアーコンプレッサーとを備えている。そして、本体 101 の側面には、液体噴射ロッド 102 を、その軸心を中心として回転させると共に、軸心に沿って引上げ及び引下げ可能に把持する把持部 101a が取付けられている。

#### 【0023】

液体噴射ロッド 102 は、例えば、外管と内管とを備えた二重管タイプである。液体噴射ロッド 102 は、その上端側が地盤の地表から突設されて把持部 101a によって把持され、下端側（詳しくは、後述するモニタ 102b）が下方領域 A2 の下端に位置するように、地盤の地表面から下方に向かって延設されている。例えば、液体噴射ロッド 102 は、事前にロータリーボーリングマシン等によって地盤の地表から下方領域 A2 の下端より若干深く削孔されたガイドホール GH 内に上下方向に挿通されている。地表側にはスライム釜場 SL が構築され、このスライム釜場 SL にガイドホール GH が連通している。地盤の流動化処理中に、液体噴射ロッド 102 とガイドホール GH との間の隙間を通過して後述するスライム状の混練土（スライム）が上昇し、スライム釜場 SL に滞留する。このスライムは、スライム釜場 SL に設置されるサンドポンプ 201 を介して、スライム貯留タンク 200 内に排泥される。

20

#### 【0024】

液体噴射ロッド 102 の上端部には、固化材スラリー入口と圧縮空気入口を有するスイベル 102a が接続され、液体噴射ロッド 102 の下端側には、カップリング（図示省略）を介してモニタ部 102b が接続されている。内管は固化材スラリー入口と連通し固化材スラリーの流路となり、内管と外管との間の隙間は圧縮空気入口と連通し圧縮空気の流路となる。

30

#### 【0025】

タンク内の固化材スラリーは、超高圧ポンプ、スイベル 102a の固化材スラリー入口を介して液体噴射ロッド 102 の内管内に圧送される。また、エアーコンプレッサーからの圧縮空気は、スイベル 102a の圧縮空気入口を介して外管と内管との間の流路に圧送される。

40

#### 【0026】

モニタ部 102b は、図示省略するが、液体噴射ロッド 102 の内管と連通する固化材スラリー噴射ノズル部と、前述の圧縮空気流路と連通する圧縮空気噴射ノズル部とを備えている。固化材スラリー噴射ノズル部のノズル先端は、モニタ部 102b の外周面の一部で径方向外向き（図中水平方向）に開口している。また、圧縮空気噴射ノズル部のノズル先端は、固化材スラリー噴射ノズル部の周囲で、径方向外向きに開口している。圧縮空気を固化材スラリー噴射ノズル部の周囲から噴射させることにより、固化材スラリーを効率的に噴射させることができる。

このように、本実施形態においては、液体（固化材スラリー）の噴射は、地盤の地表面から下方に向かって延設される液体噴射ロッド 102 を、地上側（本体部 101 の把持部

50

101 a) から操作して行われるように構成されている。

なお、このように構成された地盤流動化装置 100 による流動化処理及び造成体 Z の造成については、後に詳述する。

【0027】

次に、本実施形態のトンネル掘進方法に用いるシールド掘進機 1 について、図 3 を参照して詳述する。なお、本実施形態では、いわゆる土圧式（泥土圧式）シールド掘進機を例にとってシールド掘進機の構成を説明するが、シールド掘進機の種類はこれに限らない。

【0028】

シールド掘進機 1 は、図 3 に示すように、その本体を成す円筒状のスキンプレート 2 と、スキンプレート 2 の前端部 2 a に設けられる掘削用のカッタヘッド 3 と、カッタヘッド 3 の後方に離間してスキンプレート 2 に配置されるシールド隔壁 4 とを含んで構成される。

10

【0029】

カッタヘッド 3 は、シールド隔壁 4 に回転自在に支持されている。カッタヘッド 3 は、シールド隔壁 4 の後面に設置された駆動用モータ 5 を駆動源として、回転しながら地山を掘削する。カッタヘッド 3 は、図示省略するが、例えば、その中心から径外方向に放射状に延設されたスポークを有し、このスポークの前部にカッタビットが適宜装着されたいわゆるスポークタイプの一般的な構造のものである。本実施形態では、スポークタイプのカッタヘッドを例にとって説明するが、カッタヘッドのタイプはこれに限らない。

【0030】

カッタヘッド 3 とシールド隔壁 4 との間には、これらとスキンプレート 2 とにより土圧チャンバ 6 が区画形成されている。カッタヘッド 3 による掘削で生じた掘削土砂は、カッタヘッド 3 のスポーク（図示省略）の隙間を介して、土圧チャンバ 6 内に取り込まれる。土圧チャンバ 6 内では、取り込んだ掘削土砂に加泥材を注入して、掘削土砂と加泥材とを混練し、掘削土砂が泥土に変換される。この泥土は、後述するスクリュコンベア 35 によって土圧チャンバ 6 から排出される。

20

【0031】

シールド掘進機 1 は、カッタヘッド 3 及びシールド隔壁 4 の後方のスキンプレート 2 内にエレクト装置 10 を備える。

エレクト装置 10 はセグメント把持部 11 を備える。このエレクト装置 10 は、円弧状断面を有するセグメント S をセグメント把持部 11 で把持しつつ、セグメント S をトンネル軸方向、径方向、周方向に適宜移動させることができる。そして、エレクト装置 10 は、スキンプレート 2 内にて、その周方向に沿って複数のセグメント S を連結することによりセグメントリング SR を構築する。このセグメントリング SR がトンネル軸方向に順次構築されることにより、図 3 に示すように、円筒状の覆工体 20 が構築される。

30

【0032】

シールド掘進機 1 のスキンプレート 2 より内側には、複数の推進ジャッキ 30 が、スキンプレート 2 の内面に沿って周方向に互いに間隔を空けて配置されている。

【0033】

推進ジャッキ 30 は、シリンダ 31 とロッド 32 とにより構成される油圧ジャッキである。シリンダ 31 は、その一端がスキンプレート 2 に固定されており、他端側にて、ロッド 32 が進出・退入可能となっている。推進ジャッキ 30 のロッド 32 の先端部を既設のセグメント S に当接させた状態で推進ジャッキ 30 を伸長作動させることにより、シールド掘進機 1 は推進力を得ることができる。このようにして、推進ジャッキ 30 は、既設のセグメント S から反力を取ってシールド掘進機 1 を推進させる。

40

【0034】

シールド掘進機 1 は、土圧チャンバ 6 内の泥土をシールド隔壁 4 の後方に搬出するスクリュコンベア 35 を備えている。シールド掘進機 1 は、スクリュコンベア 35 による泥土の排出量等を調節することにより、土圧チャンバ 6 内を加圧状態にしてその泥土圧を切羽に作用させることで、切羽を安定させつつ掘進している。

50

## 【 0 0 3 5 】

スキンプレート 2 の後端部 2 b には、その外縁に沿って、例えば、前後 2 列のテールシール 4 1、4 2 が設けられている。テールシール 4 1、4 2 は適宜材質（例えば、金属製又は樹脂製）のブラシである。

## 【 0 0 3 6 】

次に、本発明に係るトンネル掘進方法の第 1 実施形態を、図 2、図 3 及び後述の図 4 ~ 図 8 を参照して、地盤流動化装置 1 0 0 及びシールド掘進機 1 を用いた場合で説明する。

なお、事前の地盤調査により、掘進予定領域 A 0 周辺における地盤の概略の断面構造が図 1 のように構成されていることが予め分かっており、掘進予定領域 A 0 の一部に礫層 G 2 が重なることが、事前に想定できているものとする。そして、シールド掘進機 1 は礫層 G 1 の手前で停止しており、その後の掘進予定領域 A 0 を掘進する場合について、以下に説明する。

10

## 【 0 0 3 7 】

本実施形態におけるトンネル掘進方法は、大きく分けると地盤の流動化処理と地盤の掘進とに区分される。以下に、まず、地盤流動化装置 1 0 0 による地盤の流動化処理について説明する。また、この流動化処理の説明は、本発明に係る堆積物除去方法の一実施形態の説明でもある。

流動化処理は、ガイドホール削孔工程と、液体噴射ロッド建て込み工程と、高圧噴射攪拌（流動化）工程と、液体噴射ロッド引き抜き工程と、を含む。図 4 は、ガイドホール掘削工程を、図 5 は、液体噴射ロッド建て込み工程を、図 6 ~ 図 8 は、高圧噴射攪拌工程を、図 9 は、液体噴射ロッド引き抜き工程をそれぞれ説明するための図である。

20

## 【 0 0 3 8 】

まず、ガイドホール削孔工程では、シールド掘進機 1 の掘進に先立って、図示省略したロータリーボーリングマシン等により、地表面から下方領域 A 2 の下端（深さ D 2）より若干深い深度まで、図 4 に示すように、液体噴射ロッド 1 0 2 を建て込むためのガイドホール G H を削孔する。液体噴射ロッド 1 0 2 の実際に液体を噴射するモニタ 1 0 2 b は、液体噴射ロッド 1 0 2 の下端より若干上方に位置しているため、液体噴射ロッド 1 0 2 の下端がガイドホール G H の底面に当接した状態で、このモニタ部 1 0 2 b が、下方領域 A 2 の下端に位置するように、ガイドホール G H が削孔される。また、地表側には後述するスライム状の混練土（スライム）が排出されて滞留するスライム釜場 S L が構築され、このスライム釜場 S L にガイドホール G H が連通している。

30

## 【 0 0 3 9 】

次に、液体噴射ロッド建て込み工程では、図示省略したクレーン等により液体噴射ロッド 1 0 2 を吊り上げ、図 5 に示すように、液体噴射ロッド 1 0 2 を地盤の地表面から下方に向かって、ガイドホール G H 内に建て込む。このとき、液体噴射ロッド 1 0 2 の下端がガイドホール G H の底面に当接し、モニタ 1 0 2 b は下方領域 A 2 の下端に位置する。

## 【 0 0 4 0 】

そして、高圧噴射攪拌（流動化）工程では、図 2 に戻って、地盤流動化装置 1 0 0 の本体 1 0 1 を図示するように地上に設置し、ガイドホール G H 内に建て込まれている液体噴射ロッド 1 0 2 の上端部を把持部 1 0 1 a により把持させる。さらに、液体噴射ロッド 1 0 2 のスイベル 1 0 2 a の固化材スラリー入口に固化材スラリー圧送用の超高圧ポンプからの耐圧ホースを接続すると共に、スイベル 1 0 2 a の圧縮空気入口にエアコンプレッサーからの耐圧ホースを接続する。

40

次に、超高圧ポンプ及びエアコンプレッサーを駆動させ、液体噴射ロッド 1 0 2 内に、スイベル 1 0 2 a の固化材スラリー入口を介して超高固化材スラリーを圧送すると共に、圧縮空気入口を介して圧縮空気を圧送することで、モニタ部 1 0 2 b の固化材スラリー噴射ノズル部から超高圧固化材スラリーを管半径方向へ連続的に噴射させると共に、固化材スラリー噴射ノズルの周囲の圧縮空気噴射ノズルから圧縮空気を噴射させる。これにより、固化材スラリーと圧縮空気とが混合したジェット流 J を形成する。この状態で、液体噴射ロッド 1 0 2 を把持部 1 0 1 a により回転させる。これによりジェット流 J の圧力に

50

より、モニタ部 102b の周囲の地盤を切削すると共に、掘削土と固化材スラリーとを攪拌混練することにより、モニタ部 102b 周りの地盤を固化材の種類や配合比等によって定まる所定時間の間だけ流動化させる。この地盤の流動化可能な水平方向の範囲(D2)は、固化材スラリー及び圧縮空気の圧力・吐出流量、並びに、後述する液体噴射ロッド 102 の引き上げ速度等によって定まる。

#### 【0041】

そして、図 6 に示すように、固化材スラリーを連続的に噴射させると共に、液体噴射ロッド 102 を把持部 101a により回転駆動させながら所定の引き上げ速度で引き上げる。これにより、下方領域 A2 の下端から所定高さで、かつ、直径 D2 からなる円柱状領域 Z a 内の地盤をジェット流 J により流動化させる。さらに、図 7 に示すように、液体噴射ロッド 102 を所定の速度で引き続き引き上げることにより、円柱状領域 Z a の高さが増し、円柱状領域(つまり流動化処理された領域) Z a の上端面(言い換えると、モニタ部 102b)が重複領域 A1(掘削予定領域 A0)の上端に達する。その後、固化材スラリー及び圧縮空気の供給を停止させると共に、把持部 101a の回転及び引上げ駆動を停止させる。本実施形態においては、このように流動化処理は、下方領域 A2 から重複領域 A1 に向かって順次行われる。また、この円柱状領域 Z a が、一回の流動化処理によって地盤を流動化できる範囲を示している。

また、円柱状領域 Z a の上端面が重複領域 A1(掘削予定領域 A0)の上端に達したとき、固化材スラリーと掘削土とを攪拌混練してなる混練土は、未だ固化しておらずスライム状になっており、円柱状領域 Z a 内の全体にわたって地盤が流動化されている。つまり、固化材スラリーは、その固化時間が下方領域 A2 の下端での噴射開始から重複領域 A1 の上端での噴射完了までに要する時間よりも長くなるように、適宜調合されている。

#### 【0042】

また、この流動化処理中において、ガイドホール GH と液体噴射ロッド 102 との間の隙間を介して、掘削土砂と固化材スラリーとのスライム状の混練土(スライム)の一部が図 6 ~ 図 8 に点線矢印で示すように上昇してスライム釜場 SL 内に滞留する。このスライム釜場 SL に滞留したスライムは、サンドポンプ 201 を介してスライム貯留タンク 200 内に排泥される。

#### 【0043】

ここで、図 7 における円柱状領域 Z a 内では、地盤の流動化のイメージ図である図 8 に示すように、ジェット流 J により円柱状領域 Z a 内の地盤が流動化され、その結果、円柱状領域 Z a のうち重複領域 A1 の部分と重なる部分の大礫及び玉石等の堆積物の大半はその自重により下方領域 A2 に沈降する。このように重複領域 A1 の堆積物を下方領域 A2 に沈降させて堆積物を掘削予定領域 A0 から除去する。

#### 【0044】

そして、液体噴射ロッド引き抜き工程では、把持部 101a による液体噴射管 102 の把持を解除後、クレーン等により、液体噴射管 102 を、図 9 に示すように、ガイドホール GH 内から引き抜く。

#### 【0045】

そして、円柱状領域 Z a は、固化材スラリーが噴射されてから前述した固化材の種類や配合比等によって定まる所定時間経過後に、下端側から上端側に向かって徐々に固化し始めて、上端側での噴射後の上記所定時間経過後に全体が固化して、図 9 に示すように、直径 D2 の円柱状の造成体 Z となる。このように、固化材スラリーを噴射して地盤を流動化させ、その流動化させた円柱状領域 Z a を固化させて、造成体 Z を造成する。

#### 【0046】

引き抜いた液体噴射管 102 は、その内部を清水で洗浄し、例えば、次の造成地点に移動させる。また、図示省略するが、造成体 Z の造成完了後、ガイドホール GH 及びスライム釜場 SL をスライム等で穴埋めする。

#### 【0047】

なお、一回の流動化処理で造成可能な造成体 Z 内に、重複領域 A1 及び下方領域 A2 を

10

20

30

40

50

全て包含することができれば、流動化処理は一回で完了する。本実施形態では、図9に示すように、重複領域A1及び下方領域A2が造成体Zより広い空間を占めているため、図中二点鎖線で示すように、別の地盤流動化装置100で、残りの重複領域A1及び下方領域A1に対して流動化処理を行ってもよいし、一台の地盤流動化装置100を移設して、順次流動化処理を行うようにしてもよい。

#### 【0048】

次に、シールド掘進機1による地盤の掘進について説明する。

上記のように、掘削予定領域A0を含む領域の地盤を流動化させて、その下方に大礫や粒径の大きな玉石等を沈降させ、造成体Zを造成した後、シールド掘進機1により、礫層G1を含む掘削予定領域A0を掘進する。このとき、掘削予定領域A0における礫層G1（重複領域A0）には、図9に示すように、大礫や玉石は含まれていないため、ローラカッタを設ける等の特別な対策をしていない本実施形態におけるシールド掘進機1であっても、無理なく掘進をすることができる。

10

#### 【0049】

本実施形態によるトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法によれば、シールド掘進機1の掘進に先立って、掘削予定領域A0と礫及び玉石を含む礫層（土層）G1とが重なる重複領域A1と、この重複領域A1の下方に位置し重複領域A1と連続する下方領域A2とに、堆積物（礫及び玉石）より低比重の液体を噴射する。そして、この液体噴射により重複領域A1及び下方領域A2の地盤を流動化させることによって重複領域A1内の堆積物をその自重により下方領域A2に沈降させ、掘削予定領域A0から堆積物を除去した後、重複領域A1を含む掘削予定領域A0を掘進する。

20

このように、重複領域A1の礫層（土層）G1に元々堆積していた礫や玉石を、その下方領域A2に沈降させた後に、その重複領域A1をシールド掘進機1により掘進することができるため、掘進速度を低下させずに掘進することができる。

#### 【0050】

このようにして、大礫や粒径の大きな玉石が堆積している土層を含む地盤を掘進する場合であっても、掘進速度の低下を招くことなく地盤を掘進することが可能なトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法を提供することができる。

#### 【0051】

また、本実施形態においては、重複領域A1及び下方領域A2への液体の噴射を、地盤の地表面から下方に向かって延設される液体噴射ロッド102を、地上側（地盤流動化装置100の本体101）から操作して行われるように構成したため、シールド掘進機に対して、礫や玉石を含む礫層G1を掘進するための特別な改造を施す必要がない。

30

#### 【0052】

そして、本実施形態においては、液体噴射ロッド102をそのモニタ部102bが下方領域A2の下端に位置するように配置させた後、液体噴射ロッド102を回転及び上方に引き上げながら液体を噴射させることにより、流動化の処理を下方領域A2から重複領域A2に向かって順次行う場合で説明したが、これに限らず、流動化処理を重複領域A1から下方領域A2に向かって順次行うようにしてもよい。具体的には、液体噴射ロッド102をそのモニタ部102bが重複領域A1の上端に位置するように配置させた後、例えば、液体噴射ロッド102を回転及び下方に押し下げながら液体を噴射させ、これをモニタ部102bが下方領域A2の下端に位置するまで行い、その後、固化材スラリー及び圧縮空気の供給を停止させ、円柱状領域Zaが固化して造成体Zが造成される前までに、モニタ部102bが重複領域A1の上端より上方の位置まで引き上げるようにしてもよい。

40

#### 【0053】

また、本実施形態においては、液体噴射ロッド102から噴射する液体は、固化材を含むものとした。これにより、地盤を流動化させると共に、流動化された地盤を所定時間経過後に固化させて造成体Zを構築することができるため、トンネル工事エリアの地盤の強度を高めることもできる。なお、本実施形態において、円柱状領域Zaの上端面は、重複領域A1（掘削予定領域A0）の上端に合わせた場合で説明したが、これに限らず、重複

50

領域 A 1 の上端より若干上方に位置するように構成してもよい。具体的には、第 1 実施形態においては、液体噴射を重複領域 A 1 の上端より上方まで行うようにする。

【 0 0 5 4 】

また、本実施形態においては、液体（固化材スラリー）の噴射は、地盤の地表面から下方に向かって延設される液体噴射ロッド 1 0 2 を、地上側から操作して行われる場合で説明したが、これに限らない。

図 1 0 は、本発明に係る第 2 実施形態のトンネル掘進方法、及び、堆積物除去方法を説明するための地盤断面図である。本実施形態においては、液体の噴射を、シールド掘進機 1 の前部から機外に向かって延設される液体噴射ロッド 1 0 2 ' をシールド掘進機 1 の機内から操作して行うように構成する。以下に、第 1 実施形態と異なる構成について説明する。

10

【 0 0 5 5 】

具体的には、液体噴射ロッド 1 0 2 ' が、シールド掘進機 1 のカッタヘッド 3 の中心部を貫通して掘進機内から機外に向かって突出、及び、機内に退避可能で、かつ、カッタヘッド 3 の中心部を支持部として地盤の上下方向に傾動可能に支持される構成とし、液体の噴射をこのシールド掘進機 1 の前部に設けた液体噴射ロッド 1 0 2 ' を介して行う。この場合、第 1 実施形態で説明した、本体 1 0 1 及び把持部 1 0 1 a は、図示省略するが、シールド掘進機 1 の機内に配置され、これらを含めて地盤流動化装置が構成される。そして、液体噴射ロッド 1 0 2 ' は、掘進停止中は、重複領域 A 1 又は下方領域 A 2 に向かう所定傾斜角度で傾斜支持され、掘進中は掘進機内に退避可能に構成される。

20

【 0 0 5 6 】

第 2 実施形態の場合、図示省略するが、例えば、液体噴射ロッド 1 0 2 ' 用のガイドホルルの削孔は、液体噴射ロッド 1 0 2 ' の先端にモニタ部 1 0 2 b の替りに削孔ビットを取り付けて、シールド掘進機 1 の前部から重複領域 A 1 又は下方領域 A 2 に向かって地盤をボーリングすることにより行う。ガイドホール形成後、削孔ビットを取り付けた液体噴射ロッド 1 0 2 をシールド掘進機 1 内に退避させ、削孔ビットを取り外し、モニタ部 1 0 2 b を取り付けた液体噴射ロッド 1 0 2 ' を、その先端部がガイドホルルの孔底に当接するようにガイドホール内に延設（建て込む）する。そして、液体噴射ロッド 1 0 2 ' のモニタ部 1 0 2 b からジェット流 J を噴射させると共に、液体噴射ロッド 1 0 2 ' を回転させながら機内側に引き込むことで地盤の流動化処理を行い、その後、液体噴射ロッド 1 0 2 ' を機内に完全に退避させる。ガイドホール削孔は、例えば、シールド掘進機 1 の前部から斜め下方の所定傾斜角 1、この傾斜角より鋭角の傾斜角 2、水平方向（傾斜角度 = 0°）の 3 箇所形成される。そして、これらのガイドホール削孔、液体噴射ロッドの建て込み（延設）、地盤の流動化及び液体噴射ロッドの引き抜き（退避）からなる一連の工程は、例えば、上記 1、2 及び水平方向の順番で行う、つまり、流動化処理を下方領域 A 2 から重複領域 A 1 に向かって順次行う。そして、各流動化処理によって、円柱状領域 Z a 1、Z a 2、Z a 3 の地盤がそれぞれ流動化処理される。

30

これにより、ジェット流 J により円柱状領域 Z a 1、Z a 2、Z a 3 内の地盤が流動化され、その結果、地盤の流動化のイメージ図である図 1 1 に示すように、円柱状領域 Z a 1、Z a 2、Z a 3 のうち重複領域 A 1 の部分と重なる部分の大礫及び玉石等の堆積物の大半はその自重により下方領域 A 2 に沈降する。この円柱状領域 Z a 1、Z a 2、Z a 3 に対する流動化処理を 1 ユニットとし、この 1 ユニットの流動化処理を最初に噴射させた固化材スラリーが固化するまでの間に完了させる。そして、この 1 ユニットの流動化処理を残りの重複領域 A 1 及び下方領域 A 2 に対して行う。

40

【 0 0 5 7 】

なお、第 2 実施形態において、シールド掘進機 1 による掘進は、1 ユニットの流動化処理が完了するたびに行ってもよいし、掘進予定領域 A 0 の流動化処理が全て完了してから行ってもよい。また、流動化処理は、下方領域 A 2 から重複領域 A 1 に向かって順次行う場合に限らず、重複領域 A 1 から下方領域 A 2 に向かって順次行う、つまり、水平方向、2、1 の順で行うようにしてもよい。さらに、1 ユニットの流動化処理を、3 分割（

50

傾斜角 1, 2 及び水平方向) して行うものとして説明したが、分割数はこれに限らず、2 分割 ( 所定傾斜角 及び水平方向 ) でもよく、また、4 分割以上 ( 傾斜角 1, 2, . . . n、及び水平方向 ) であってもよい。

【0058】

上記第 1 及び第 2 実施形態においては、土圧式 ( 泥土圧式 ) シールド掘進機 1 を用いて説明したが、シールド掘進機 1 の種類は、これに限らず、例えば、泥水式のシールド掘進機であってもよい。

【0059】

また、礫層 G 1 は玉石まじりの礫層であるものとしたが、これに限らず、玉石が混じっていない礫層であってもよい。また、地盤は、礫層 G 1 を含むものとしたが、これに限らず、礫層 G 1 に替って、玉石だけの玉石層を含む場合であってもよい。つまり、地盤は、礫及び玉石の少なくとも一方が堆積物として堆積している土層を含んでいけばよい。

10

【0060】

また、シールド掘進機 1 の掘進予定領域 A 0 の一部が、図 1 に示すように、礫層 G 1 と水平方向から重複するトンネル工事エリアの場合で説明したが、これに限らない。例えば、礫層 G 1 の斜め上方や斜め下方から礫層 G 1 に向かって掘進し、礫層 G 1 に対して掘進予定領域 A 0 が斜めに交差するようなトンネル工事エリアであっても適用できる。

【0061】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に制限されるものではなく、本発明の技術的思想に基づいて種々の変形及び変更が可能である。

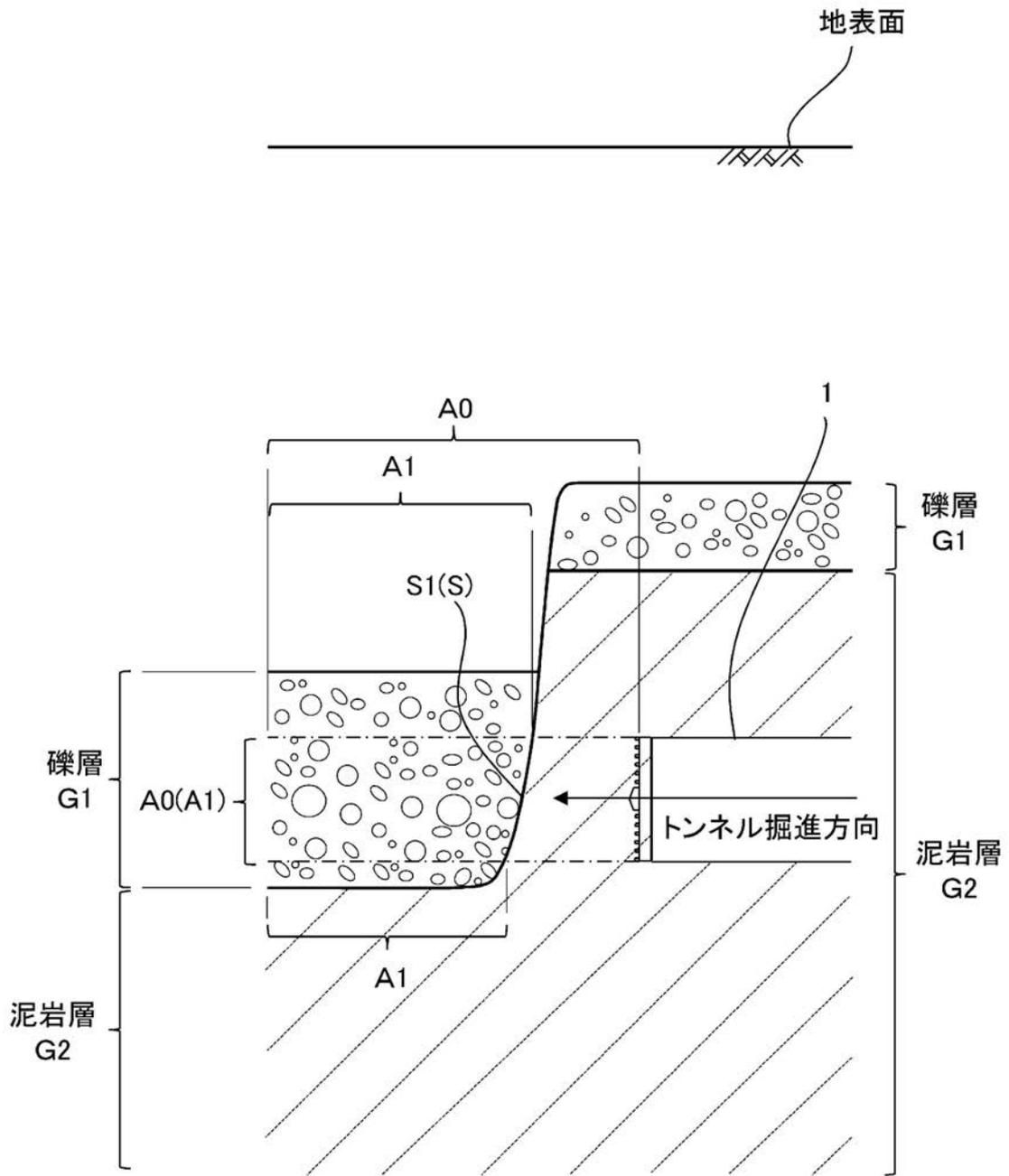
20

【符号の説明】

【0062】

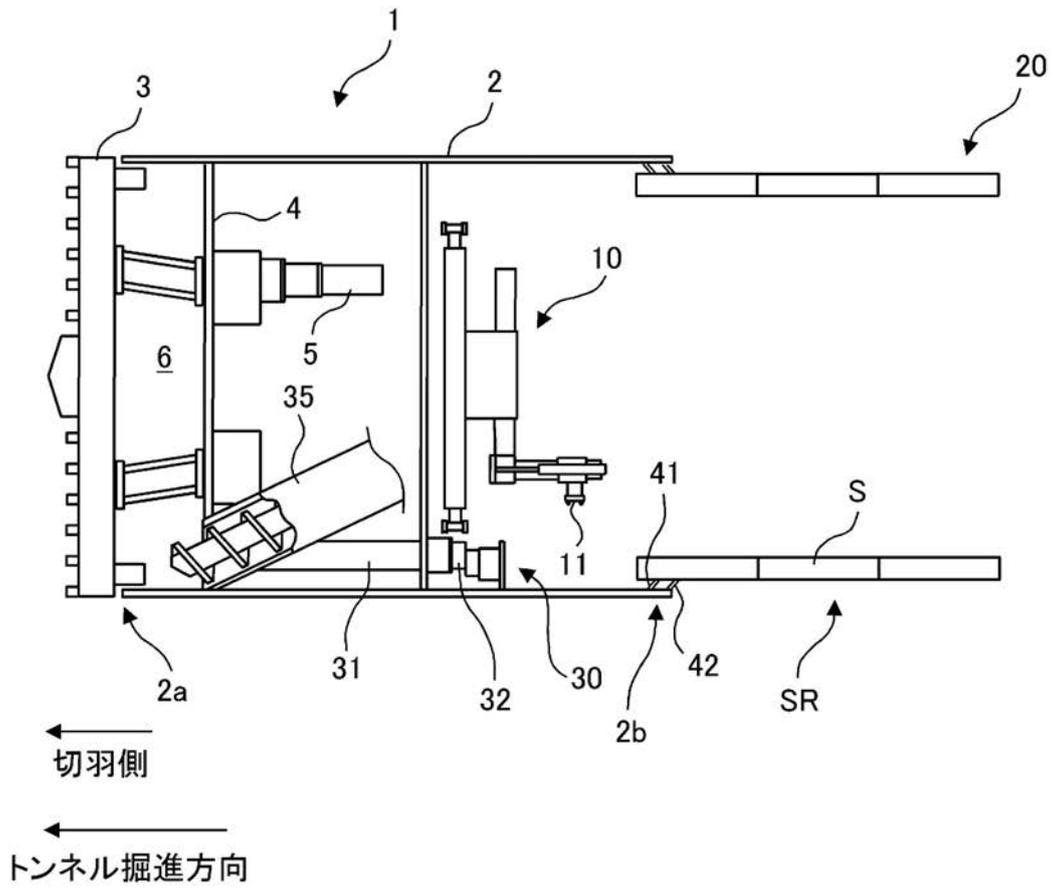
- 1 . . . . . シールド掘進機
- 102, 102' . . . . . 液体噴射ロッド
- G1 . . . . . 礫層 ( 土層 )
- A0 . . . . . 掘進予定領域
- A1 . . . . . 重複領域
- A2 . . . . . 下方領域

【図 1】

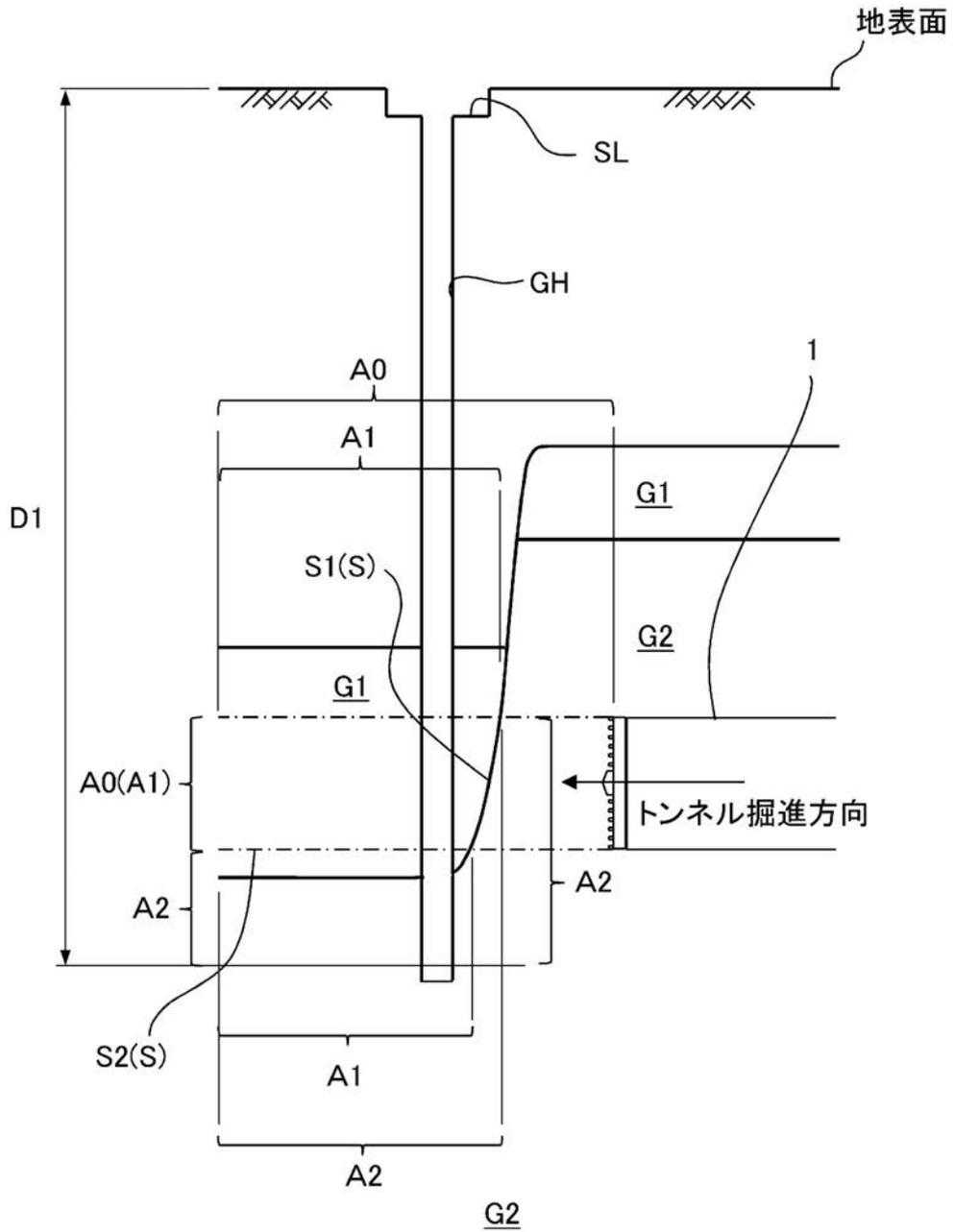




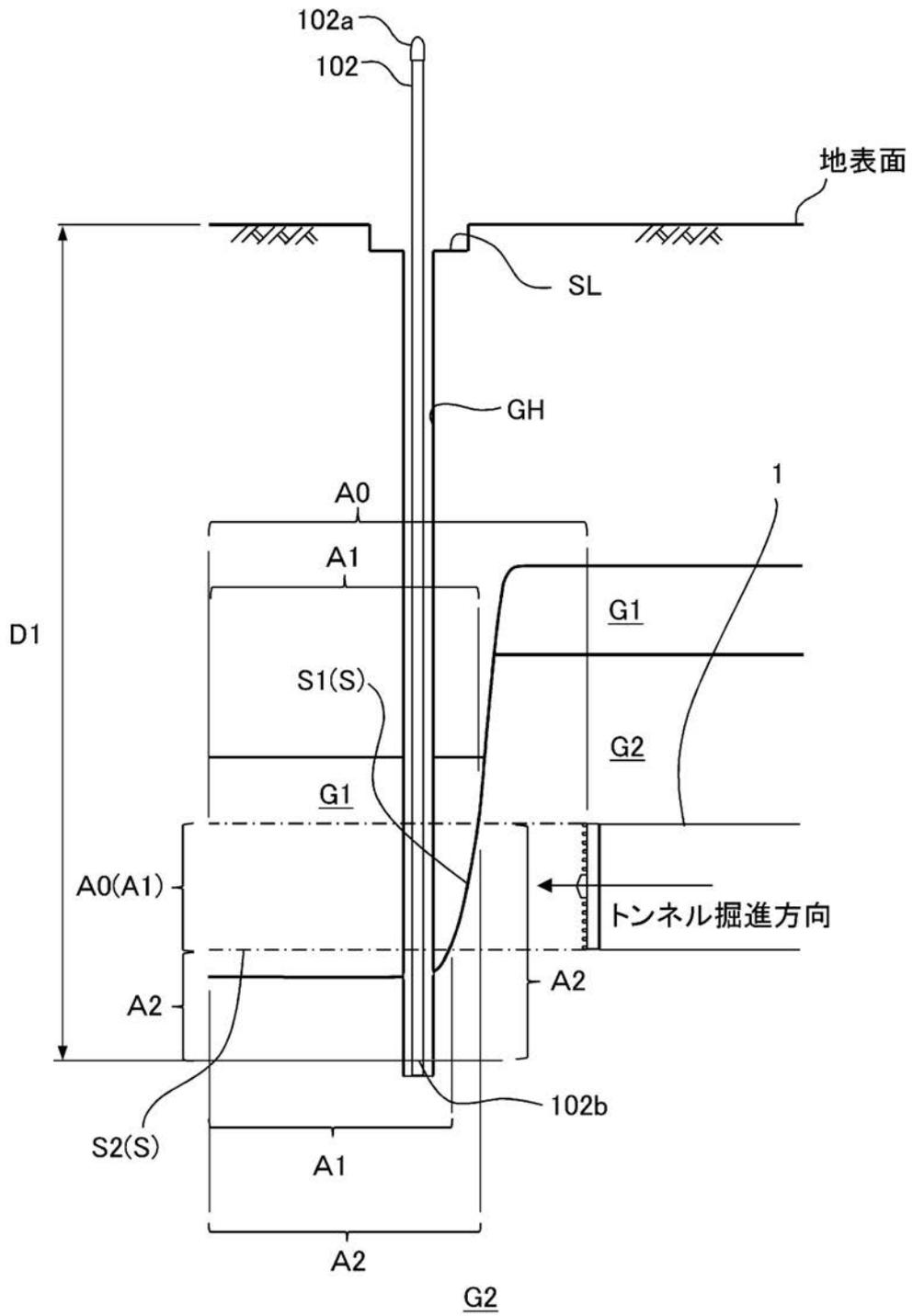
【 図 3 】



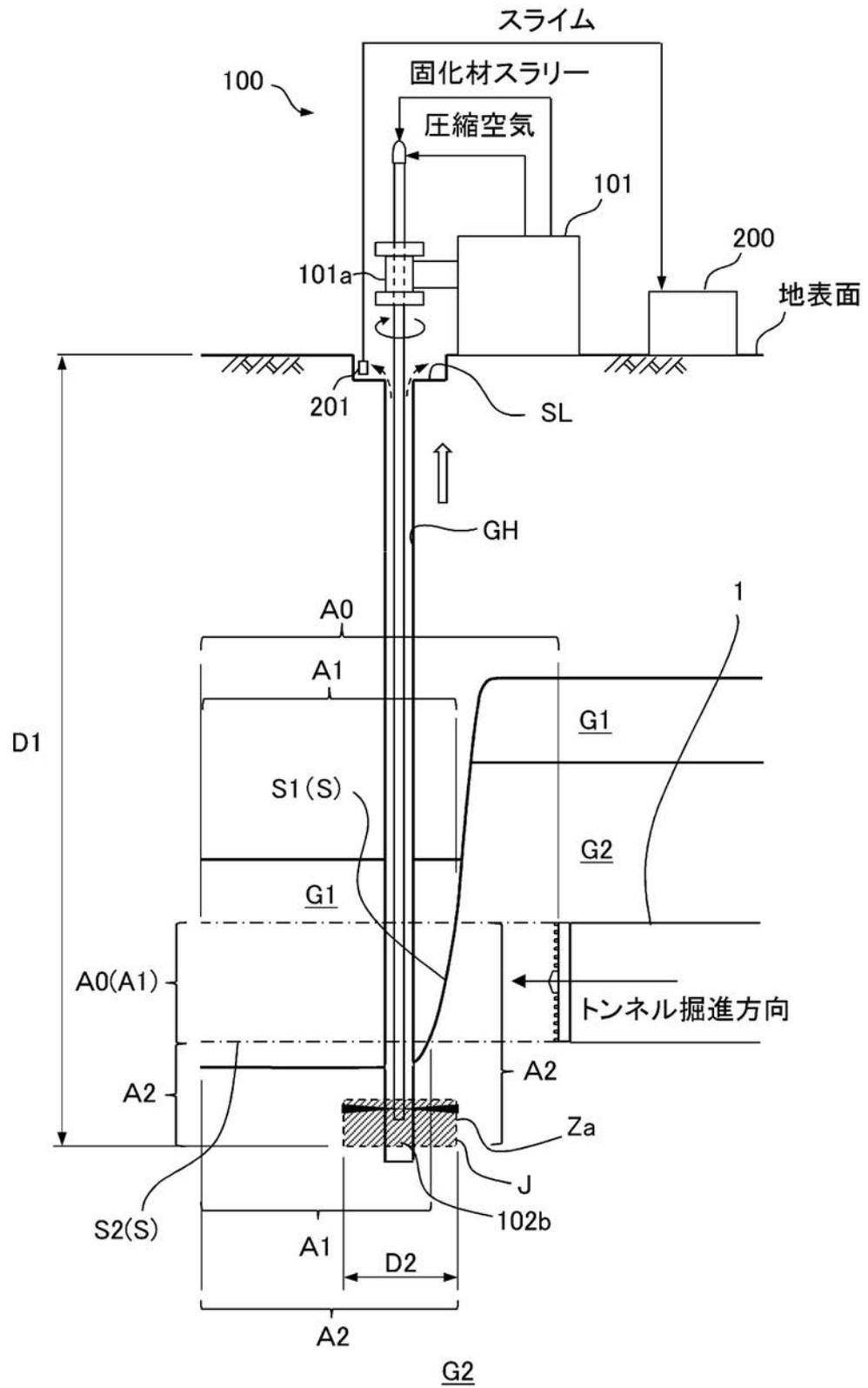
【 図 4 】



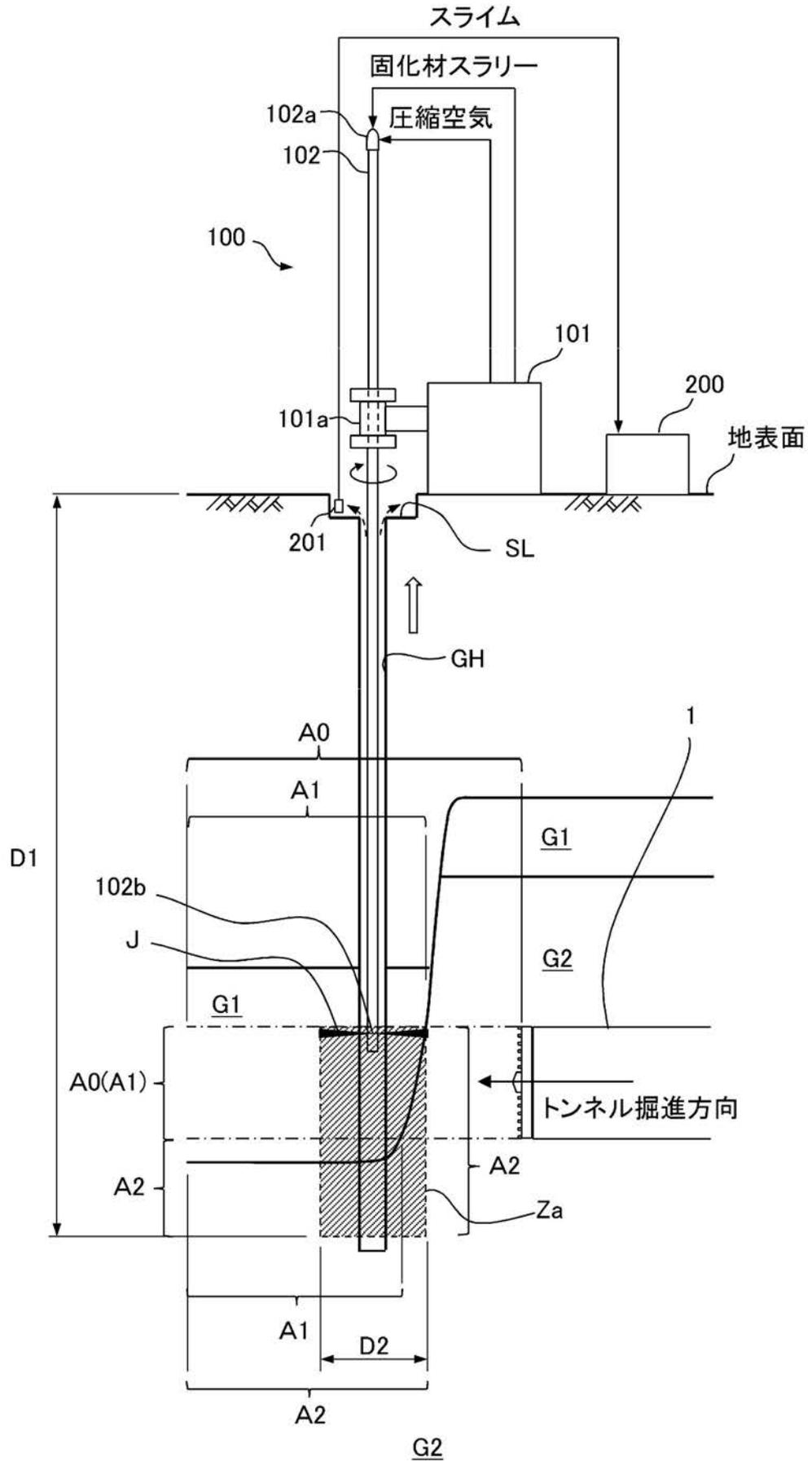
【 図 5 】



【図6】

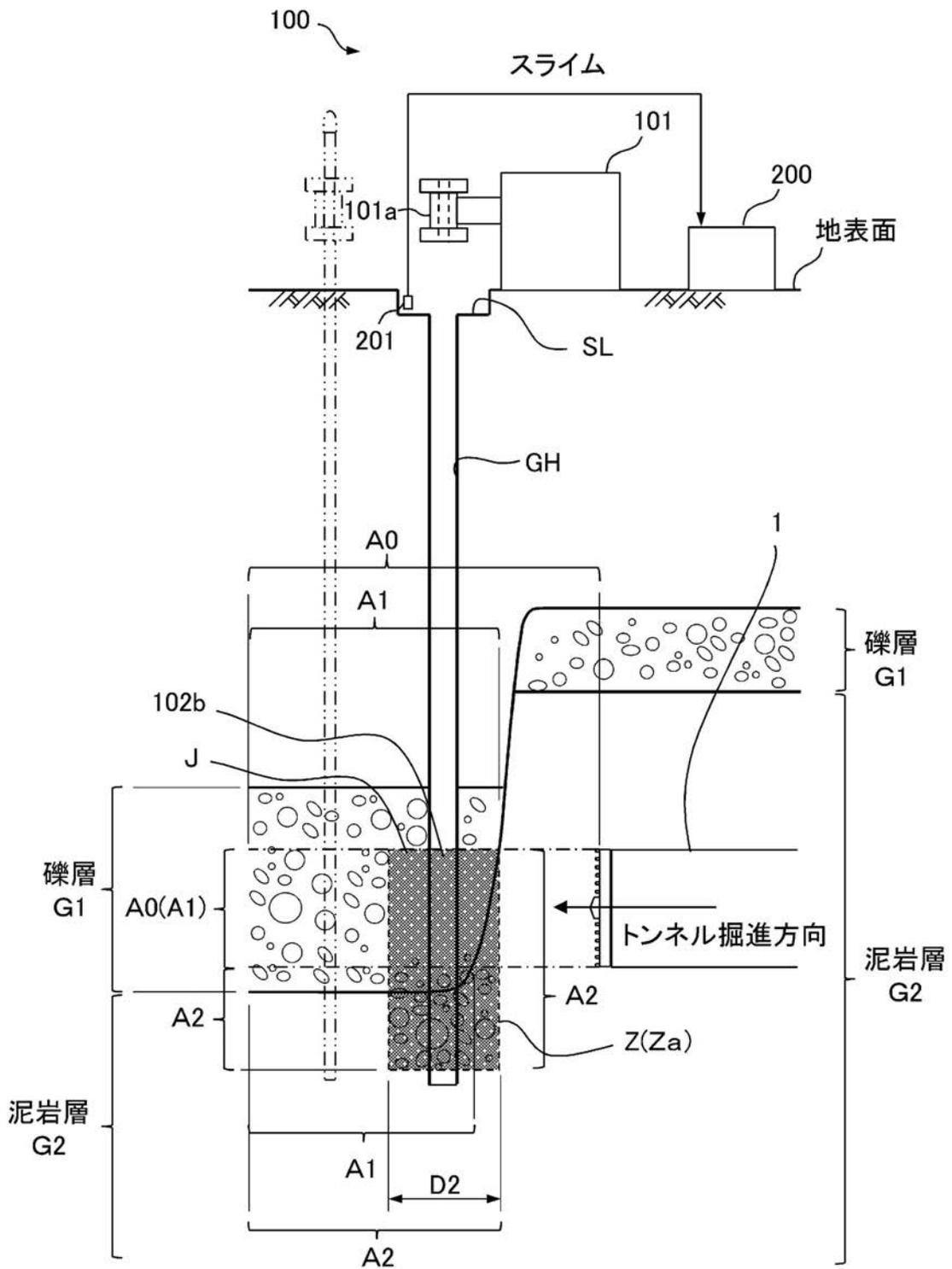


【図7】

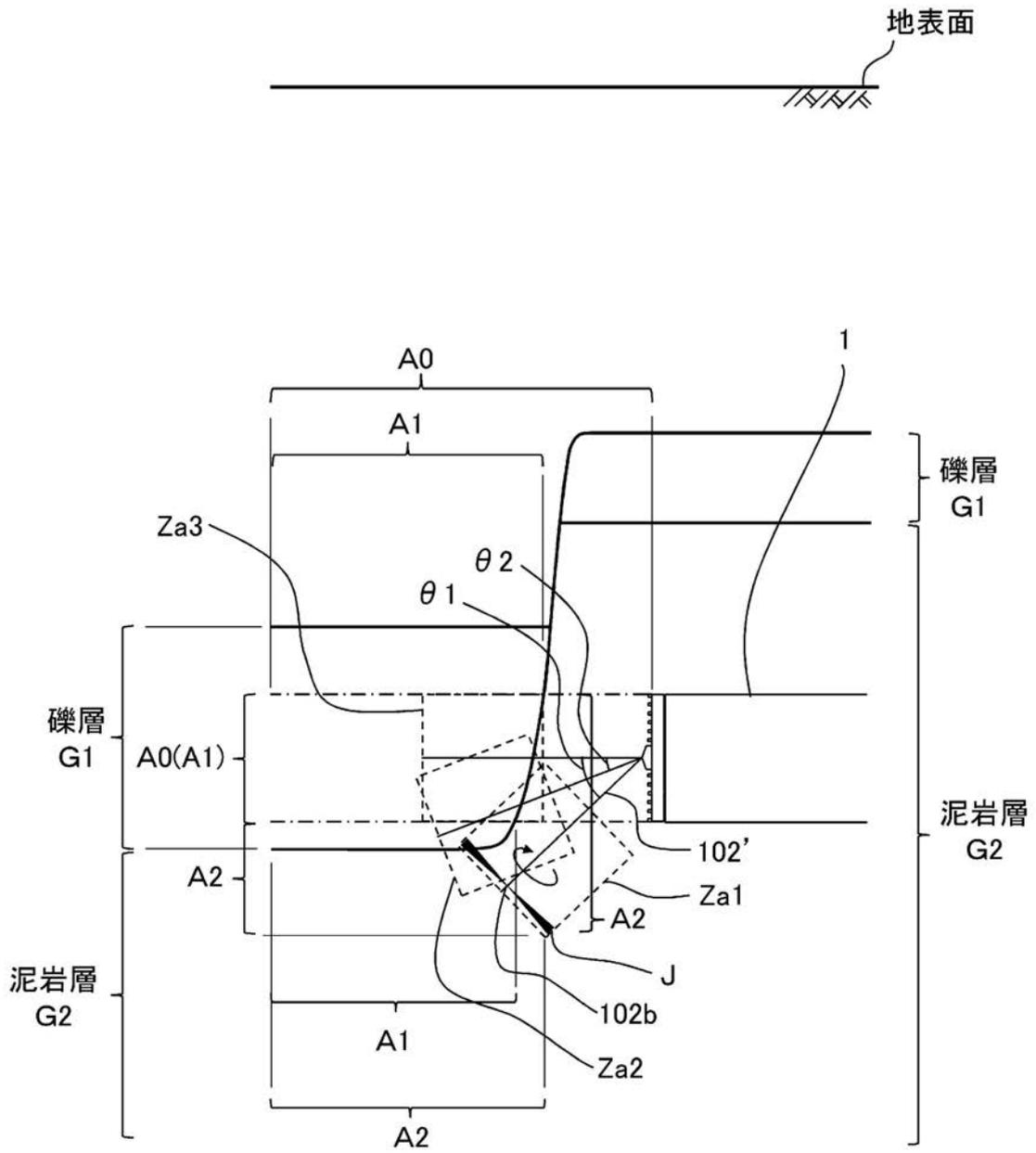




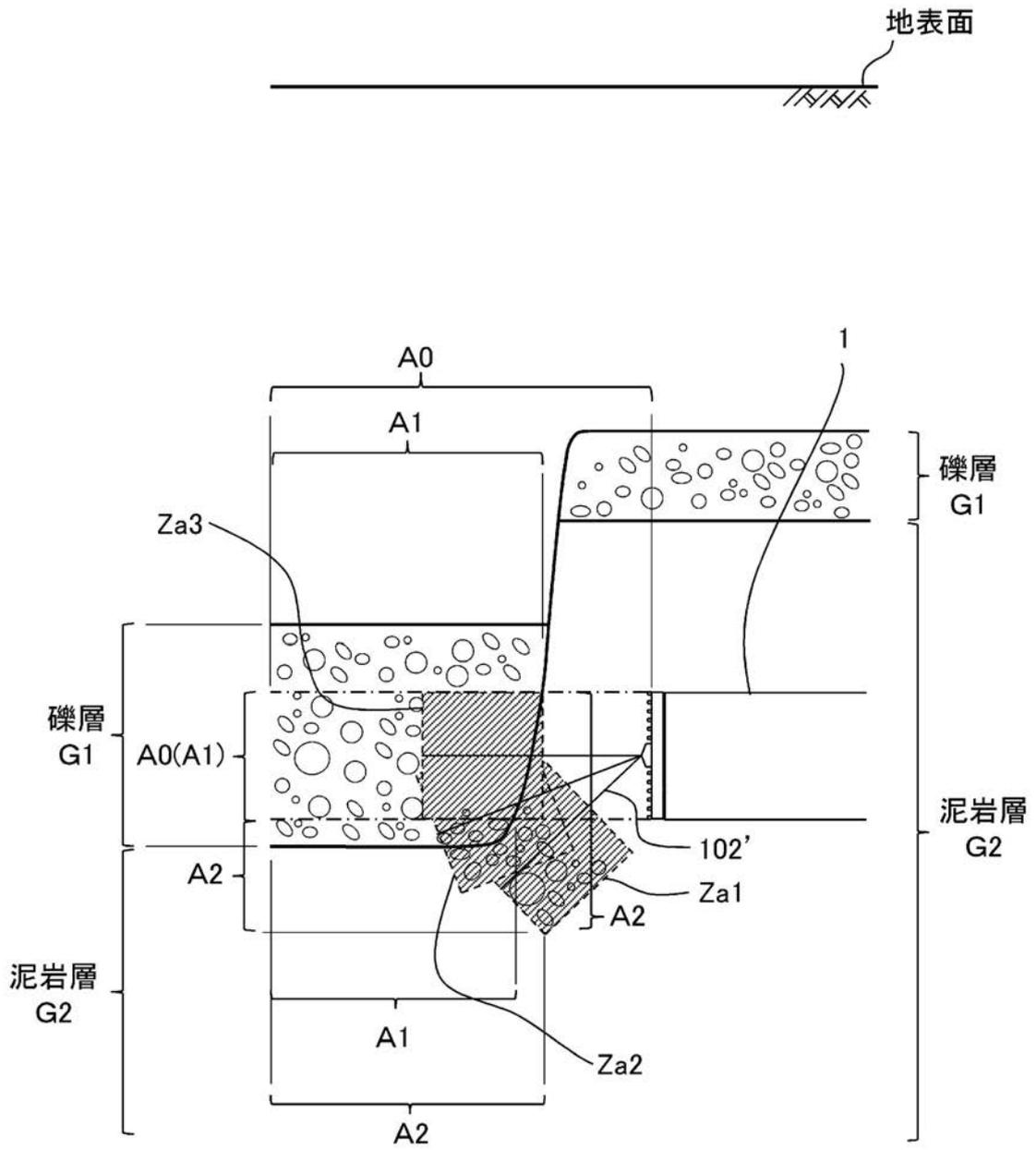
【図9】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100099623  
弁理士 奥山 尚一
- (74)代理人 100096769  
弁理士 有原 幸一
- (74)代理人 100107319  
弁理士 松島 鉄男
- (74)代理人 100114591  
弁理士 河村 英文
- (74)代理人 100125380  
弁理士 中村 綾子
- (74)代理人 100142996  
弁理士 森本 聡二
- (74)代理人 100154298  
弁理士 角田 恭子
- (74)代理人 100166268  
弁理士 田中 祐
- (74)代理人 100170379  
弁理士 徳本 浩一
- (74)代理人 100161001  
弁理士 渡辺 篤司
- (74)代理人 100179154  
弁理士 児玉 真衣
- (71)出願人 000220262  
東京瓦斯株式会社  
東京都港区海岸1丁目5番20号
- (74)代理人 100129425  
弁理士 小川 護晃
- (74)代理人 100087505  
弁理士 西山 春之
- (74)代理人 100167025  
弁理士 池本 理絵
- (74)代理人 100168642  
弁理士 関谷 充司
- (74)代理人 100136227  
弁理士 長谷 玲子
- (74)代理人 100099623  
弁理士 奥山 尚一
- (74)代理人 100096769  
弁理士 有原 幸一
- (74)代理人 100107319  
弁理士 松島 鉄男
- (74)代理人 100114591  
弁理士 河村 英文
- (74)代理人 100125380  
弁理士 中村 綾子
- (74)代理人 100142996  
弁理士 森本 聡二
- (74)代理人 100154298

- 弁理士 角田 恭子  
(74)代理人 100166268  
弁理士 田中 祐  
(74)代理人 100170379  
弁理士 徳本 浩一  
(74)代理人 100161001  
弁理士 渡辺 篤司  
(74)代理人 100179154  
弁理士 児玉 真衣  
(72)発明者 吉迫 和生  
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内  
(72)発明者 五十嵐 寛昌  
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内  
(72)発明者 磯部 隆寿  
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内  
(72)発明者 網川 浩文  
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内  
(72)発明者 榭永 善文  
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内  
(72)発明者 福田 勝仁  
東京都港区元赤坂一丁目3番1号 鹿島建設株式会社内  
(72)発明者 重田 隆弘  
東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内  
(72)発明者 渡辺 良二  
東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内  
(72)発明者 酢谷 郁雄  
東京都港区海岸一丁目5番20号 東京瓦斯株式会社内  
Fターム(参考) 2D040 BA01 BA02 CA01 CB03 DA02  
2D054 AA10 AC04 AC05 FA00