

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

地盤中に、下端部が粘性土層に達するように筒状の地盤改良体を造成する工程 a と、平面視で前記筒状の地盤改良体の内側に位置する杭施工予定領域に、前記粘性土層より下方の層に下端部が達するように杭を施工する工程 b と、
を具備することを特徴とする杭の施工方法。

【請求項 2】

前記工程 a と前記工程 b との間に、前記筒状の地盤改良体の内側の未改良地盤を、前記地盤改良体の底部まで掘削する工程 c をさらに具備することを特徴とする請求項 1 記載の杭の施工方法。

10

【請求項 3】

前記工程 c と前記工程 b との間に、前記筒状の地盤改良体の底部に難透水性材料を充填する工程 d をさらに具備することを特徴とする請求項 2 記載の杭の施工方法。

【請求項 4】

前記工程 b の後に、前記筒状の地盤改良体と前記杭との間にセメント系材料を充填する工程 e をさらに具備することを特徴とする請求項 2 または請求項 3 に記載の杭の施工方法。

【請求項 5】

前記工程 b で、前記杭施工予定領域を前記下方の層まで削孔して、前記杭を施工することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の杭の施工方法。

20

【請求項 6】

前記工程 b で、既製杭を施工することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の杭の施工方法。

【請求項 7】

前記工程 b で、削孔した孔に鉄筋籠を設置し、コンクリートを打設して、場所打ち杭を施工することを特徴とする請求項 5 に記載の杭の施工方法。

【請求項 8】

前記工程 a で、前記筒状の地盤改良体を高圧噴射攪拌工法によって造成することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載の杭の施工方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】**【0001】**

本発明は、杭の施工方法に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、場所打ち杭を施工する際には、まず、杭の施工位置で孔を削孔する。そして、事前に組み立てた鉄筋籠を孔内に建て込んだ後、コンクリートやモルタルを打設して杭を造成する。また、工場などにおいて製作された既製杭を施工する際にも、予め孔を削孔し、孔に既製杭を建て込む工法や、打撃によって既成杭を地盤に打ち込む工法などがある。地盤の削孔には、機械が使用される場合が多く、アースドリル工法、オールケーシング工法、リバース工法などが代表的な工法である。

40

【0003】

場所打ち杭を施工する際、地盤の削孔後に孔壁が崩壊すると、孔底部に削孔土が堆積するなどして、杭に要求される鉛直支持力などが確保できない場合がある。杭の品質を確保するためには、削孔後の孔壁の崩壊を防ぐ必要がある。孔壁の崩落を孔全長にわたって防止する工法としては、円筒状のケーシングチューブをケーシング圧入装置により地盤内に圧入し、ハンマグラブでケーシング内部を掘削するオールケーシング工法が一般的である。

【0004】

また、ケーシングを用いずに地盤改良体を用いて孔壁の崩落を防ぐ方法も提案されてい

50

る。図 1 2 は、地盤改良体 1 0 3 を用いて孔壁の崩落を防ぐ方法を示す図である。図 1 2 に示す方法では、図 1 2 (a) に示すように、地盤 1 0 1 に中実の地盤改良体 1 0 3 を形成する。そして、図 1 2 (b) に示すように、中実の地盤改良体 1 0 3 の内部を掘削して削孔部 1 0 5 を形成する。そして、図 1 2 (c) に示すように、削孔部 1 0 5 内に杭 1 0 7 を構築する (例えば、特許文献 1 参照) 。

【 0 0 0 5 】

さらに、人体や環境にとって有害な物質によって地盤が汚染されている場合や、地盤中の地下水が汚染されている場合には、杭などの施工時に、孔壁安定対策に加えて、汚染物質の拡散防止対策が必要となる。土壤汚染対策法のガイドラインには、杭の施工方法として、いくつかの例が示されている。

10

【 0 0 0 6 】

1 つ目の例として、準不透水層までケーシングを設置して地下水を遮断し、ケーシングを設置した場所の土壌を掘削等により除去した後、ケーシング内の地下水を回収して入れ換えまたは浄化し、ケーシング内に杭を施工する方法がある (例えば、非特許文献 1 参照) 。 2 つ目の例として、準不透水層までケーシングを設置して地下水を遮断し、ケーシングを設置した場所の土壌を掘削等により除去した後、ケーシングを設置した場所に不透水材を充填し、ケーシングを引き抜いて、不透水材を充填した場所に杭を施工する方法がある (例えば、非特許文献 2 参照) 。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

20

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 6 - 2 1 7 1 1 9 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 非特許文献 1 】 環境省 土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン (改訂第 2 版) 、 A p p e n d i x 1 2 _ 1 9

【 非特許文献 2 】 環境省 土壤汚染対策法に基づく調査及び措置に関するガイドライン (改訂第 2 版) 、 A p p e n d i x 1 2 _ 2 1

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

30

【 0 0 0 9 】

ケーシング工法によって削孔し、ケーシングで孔壁の安定を図りつつ孔内に杭を構築する場合、杭の施工本数に合わせた数のケーシングが必要となる。また、場所打ち杭を施工するには、予めケーシングを設置し、ケーシング内を掘削して場所打ち杭を施工してから、ケーシング撤去用の機械によってケーシングを撤去することとなるため、工程が複雑し、煩雑である。

【 0 0 1 0 】

中実の地盤改良体を用いて孔壁の安定を図る方法では、杭施工予定領域にも地盤改良体が造成されることから、杭施工に先立って地盤改良体の内部を削孔する必要がある。このとき、地盤改良体はセメント等によって固化し、一般の地盤よりも大きな強度を持っているため、削孔には大型の機械を用いる必要があり、かつ時間を要する。また、一般に地盤改良体の削孔に伴って発生する土砂はセメント分を含有するので p H が高く、建設汚泥に分類されるため、処分に要する費用が嵩む。

40

【 0 0 1 1 】

地盤や地盤中の地下水に含まれる汚染物質の拡散防止対策が必要である場合についても、土壤汚染対策法のガイドラインに示されている例では、ケーシングを用いて地下水を遮断するため、ケーシングで孔壁の安定を図る方法と同様に、杭の施工本数に合わせた数のケーシングが必要となるなどの課題がある。

【 0 0 1 2 】

本発明は、前述した問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とすることは、确实

50

に孔壁の安定および地下水の止水を図りつつ、少ない工程で合理的に施工できる杭の施工方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0013】

前述した目的を達成するために本発明は、地盤中に、下端部が粘性土層に達するように筒状の地盤改良体を造成する工程 a と、平面視で前記筒状の地盤改良体の内側に位置する杭施工予定領域に、前記粘性土層より下方の層に下端部が達するように杭を施工する工程 b と、を具備することを特徴とする杭の施工方法である。

【0014】

本発明によれば、従来の方法のように地盤改良体の造成により原地盤よりも強度が大きくなった範囲に杭を施工したり、杭の施工後にケーシングを地盤から引き抜いたりする必要がなくなるため、合理的に杭を施工できる。また、改良体が円筒状であるため、円柱状の改良体を施工する場合と比較して、セメント分を含有する建設汚泥を大量に発生させることがなくなるうえ、地盤改良体の施工に要する各種材料を削減できる。

【0015】

前記工程 a と前記工程 b との間に、前記筒状の地盤改良体の内側の未改良地盤を、前記地盤改良体の底部まで掘削する工程 c をさらに具備してもよい。

本発明では、筒状の地盤改良体の内側の未改良地盤に位置する杭施工箇所が原地盤と同等であるので、削孔が容易である。また、筒状の地盤改良体を用いて、未改良地盤に掘削した孔の孔壁の崩落を防止し、確実に孔壁の安定を図ることができる。

【0016】

工程 c を具備する場合、前記工程 c と前記工程 b との間に、前記筒状の地盤改良体の底部に難透水性材料を充填する工程 d をさらに具備してもよい。

これにより、地盤改良体と難透水性材料とで囲まれた空間から外部に地下水が移動することがないように地下水を止水し、汚染物質の拡散を防止することができる。

【0017】

工程 c を具備する場合、前記工程 b の後に、前記筒状の地盤改良体と前記杭との間にセメント系材料を充填する工程 e をさらに具備することが望ましい。

これにより、地盤改良体と杭との間の隙間をなくして周面摩擦力を確保することができる。また、鋼管杭を用いる場合、腐食を防ぐことができる。

【0018】

前記工程 b では、必要に応じて、前記杭施工予定領域を前記下方の層まで削孔して、前記杭を施工する。

前記工程 b では、例えば、既製杭を施工してもよい。

または、前記工程 b では、削孔した孔に鉄筋籠を設置し、コンクリートを打設して、場所打ち杭を施工してもよい。

既製杭を打ち込み工法や中掘り工法、回転貫入工法などで打設する場合には、粘性土層より下方の層までの削孔は不要である。既製杭をプレボーリング工法によって打設する場合や、場所打ち杭を打設する場合には、杭施工予定領域を粘性土層より下方の層まで削孔してから杭を打設する。

【0019】

前記工程 a では、前記筒状の地盤改良体を高圧噴射攪拌工法によって造成することが望ましい。

これにより、筒状の地盤改良体を短期間で施工することができる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、確実に孔壁の安定および地下水の止水を図りつつ、少ない工程で合理的に施工できる杭の施工方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

10

20

30

40

50

【図 1】非汚染地盤 1 a に既製杭 2 3 を施工するための各工程を示す図

【図 2】図 1 に示す各工程における非汚染地盤 1 a の水平断面を示す図

【図 3】筒状の地盤改良体 1 1 を施工するための各工程を示す図

【図 4】ケーシングパイプ 2 9 の構成および動作を示す図

【図 5】既製杭 2 3 の他の施工方法や場所打ち杭 5 5 の施工方法を示す図

【図 6】汚染地盤 1 に既製杭 2 3 を施工するための各工程を示す図

【図 7】図 1 に示す各工程における汚染地盤 1 の水平断面を示す図

【図 8】杭施工予定領域 2 5 を削孔する工程を示す図

【図 9】場所打ち杭 5 5 の施工例を示す図

【図 10】自走式造成機 6 0 を用いて地盤改良体 1 1 a を施工するための各工程を示す図

10

【図 11】ケーシングパイプ 6 7 の構成および動作等を示す図

【図 12】地盤改良体 1 0 3 を用いて孔壁の崩落を防ぐ方法を示す図

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面に基づいて、本発明の第 1 の実施の形態について詳細に説明する。

図 1 は、非汚染地盤 1 a に既製杭 2 3 を施工するための各工程を示す図である。図 1 (a) は、非汚染地盤 1 a に地盤改良体 1 1 を造成する工程を示す図、図 1 (b) は、地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤 1 3 を掘削する工程を示す図、図 1 (c) は、杭施工予定領域 2 5 に既製杭 2 3 を打設する工程を示す図、図 1 (d) は、地盤改良体 1 1 と既製杭 2 3 との間にセメント系材料 2 7 を充填する工程を示す図である。

20

【0023】

図 2 は、図 1 に示す各工程における非汚染地盤 1 a の水平断面を示す図である。図 2 (a) は図 1 (a) に示す矢印 A 1 - A 1、図 2 (b) は図 1 (b) に示す矢印 A 2 - A 2、図 2 (c) は図 1 (c) に示す矢印 A 3 - A 3、図 2 (d) は図 1 (d) に示す矢印 A 4 - A 4 による断面を示す図である。

【0024】

図 3 は、筒状の地盤改良体 1 1 を施工するための各工程を示す図である。図 3 (a) は、ケーシングパイプ 2 9 を圧入している状態を示す図、図 3 (b) は、ケーシングパイプ 2 9 の圧入が完了した状態を示す図、図 3 (c) は、ケーシングパイプ 2 9 を引き上げている状態を示す図、図 3 (d) は、ケーシングパイプ 2 9 の引き上げが完了した状態を示す図である。

30

【0025】

図 4 は、ケーシングパイプ 2 9 の構成および動作を示す図である。図 4 (a) は、改良ロッド 4 1 の位置でのケーシングパイプ 2 9 の垂直断面図である。図 4 (b) は、ケーシングパイプ 2 9 を非汚染地盤 1 a に圧入している状態での水平断面図であり、図 3 (a) の矢印 B 1 - B 1 による断面を示す図である。図 4 (c) は、ケーシングパイプ 2 9 を非汚染地盤 1 a から引き上げている状態での水平断面図であり、図 3 (c) の矢印 B 2 - B 2 による断面を示す図である。

【0026】

図 1 に示すように、非汚染地盤 1 a の表層には、非汚染土層である砂層 3 a が存在する。砂層 3 a の下方には、非汚染土層である粘性土層 5、砂層 7、支持層 9 が存在する。

40

【0027】

非汚染地盤 1 a に既製杭 2 3 を施工するには、まず、図 1 (a)、図 2 (a) に示すように、非汚染地盤 1 a に筒状の地盤改良体 1 1 を造成する。地盤改良体 1 1 の下端部 1 5 は、非汚染土層である砂層 3 a を貫通し、非汚染土層である粘性土層 5 に達するものとする。地盤改良体 1 1 の粘性土層 5 への根入れ深さ 5 7 は 0.5 m 程度以上である。地盤改良体 1 1 は、図 3、図 4 に示すように、ケーシングパイプ 2 9 を用いて造成される。

【0028】

図 4 (a) に示すように、ケーシングパイプ 2 9 は、外ケーシング 3 5 と内ケーシング 3 7 とを有する二重管構造である。ケーシングパイプ 2 9 は、外ケーシング 3 5 の先端が

50

内ケーシング 37 の先端より下方に位置する形状であり、内ケーシング 37 の先端の位置に、底板 39 が設けられる。ケーシングパイプ 29 は、鋼製である。

【0029】

また、図 4 の各図に示すように、外ケーシング 35 と内ケーシング 37 との間には、改良ロッド 41 が設けられる。図 4 (a) に示すように、改良ロッド 41 の先端にはノズル 43 が設けられる。改良ロッド 41 の先端は底板 39 を貫通し、ノズル 43 は、外ケーシング 35 の先端と内ケーシング 37 の先端との間の高さに配置される。図 4 (c) に示すように、ノズル 43 を有する改良ロッド 41 は、平面視で、外ケーシング 35 と内ケーシング 37 との間の 2 か所に配置される。ノズル 43 は、改良ロッド 41 の、ケーシングパイプ 29 の回転方向、すなわち図 4 (c) に示す矢印 C2 の方向の、後方側に設けられる。

10

【0030】

ケーシングパイプ 29 を用いて地盤改良体 11 を形成するには、まず、図 3 (a)、図 4 (b) に示すように、全旋回施工機 31 を用いて、ケーシングパイプ 29 を矢印 C1 に示す方向に回転させつつ矢印 D に示す方向に下降させて、非汚染地盤 1a に圧入する。このとき、ノズル 43 からのジェット 45 の噴射は行わない。筒状のケーシングパイプ 29 の圧入は、図 3 (b) に示すように、ケーシングパイプ 29 の先端 33 が粘性土層 5 の根入れ深さ 57 に達したところで完了する。なお、ケーシングパイプ 29 が短い場合は、ピンなどでケーシングパイプ 29 を接続しながら圧入する。

【0031】

20

次に、図 3 (c) に示すように、ケーシングパイプ 29 を、矢印 C2 に示す方向に回転させつつクレーンなどを用いて一定速度で矢印 E に示す方向に上昇させて、非汚染地盤 1a から引き上げる。このとき、改良ロッド 41 に、図示しないセメントミルクプラントや高圧ポンプからの供給管を接続する。そして、図 4 (c) に示すように、ノズル 43 から、高圧のセメントミルクおよび圧縮空気からなるジェット 45 を、ケーシングパイプ 29 の円周方向に、且つ、ケーシングパイプ 29 の回転方向後方に噴射する。

【0032】

ケーシングパイプ 29 を所定の速度で引き上げつつ回転させると、ジェット 45 が円状に噴射され、ケーシングパイプ 29 の圧入時に形成された筒状の掘削範囲の内部で、ジェット 45 によって、高圧のセメントミルクおよび圧縮空気と砂層 3a の土砂とが攪拌される（高圧噴射攪拌工法）。そして、図 3 (c) および図 4 (c) に示すように、所定の厚さの筒状の地盤改良体 11 が造成される。地盤改良体 11 の内側の地盤は、未改良地盤 13 として残る。ケーシングパイプ 29 の引き上げは、図 3 (d) に示すように、地表から粘性土層 5 までの全長にわたって地盤改良体 11 が造成されたところで完了する。なお、圧入時に複数のケーシングパイプ 29 を接続した場合、引き上げ時にジェット 45 の噴射を一時中断してケーシングパイプ 29 を解体してもよい。

30

【0033】

図 1 (a)、図 2 (a) に示すように、非汚染地盤 1a に筒状の地盤改良体 11 を造成し、地盤改良体 11 の強度が発現した後、地盤改良体 11 の内側の未改良地盤 13 を、図 1 (b)、図 2 (b) に示すように、地盤改良体 11 の底部 17 まで掘削する。掘削は、アースドリル工法やハンマグラブ工法などで行う。地盤改良体 11 の内側の未改良地盤に含まれる砂層 3a および粘性土層 5 は非汚染土層であるため、図 1 (b) に示す工程での掘削土は建設発生土としての処分が可能である。掘削に伴って揚水した地下水も、通常の処理が可能である。掘削した空間 21 の孔壁安定に慎重を期する場合は、掘削後に空間 21 に水やベントナイト泥水などを注入してもよい。

40

【0034】

次に、図 1 (c)、図 2 (c) に示すように、平面視で地盤改良体 11 の内側に位置する杭施工予定領域 25 (図 1 (b)) にコンクリート製または鋼製の既製杭 23 を打設する。既製杭 23 は、粘性土層 5 および砂層 7 を貫通して支持層 9 に達する。支持層 9 の N 値は、概ね 30 より大きい程度である。

50

【 0 0 3 5 】

既製杭 2 3 は、例えば、ハンマーによる打撃やバイブロハンマーによる振動を付与して杭を設置する打ち込み工法により打設する。他に、既製杭 2 3 の中空部を利用して杭施工予定領域 2 5 を掘削しつつ杭を設置する中掘り工法や、回転力を付与して杭施工予定領域 2 5 に杭を設置する回転貫入工法などによって打設してもよい。

【 0 0 3 6 】

既製杭 2 3 の打設後、図 1 (d)、図 2 (d) に示すように、地盤改良体 1 1 と既製杭 2 3 との間にセメント系材料 2 7 を充填する。セメント系材料 2 7 は、例えば、流動化処理土やセメントミルク、モルタル、コンクリートなどとする。

【 0 0 3 7 】

第 1 の実施の形態では、筒状の地盤改良体 1 1 を造成する。これにより、既製杭 2 3 の施工時に、従来のように杭施工予定領域 2 5 の地盤改良体を掘削したり、既製杭 2 3 の施工後にケーシングを地盤から引き抜いたりする必要がなくなるため、合理的に杭を施工できる。また、円柱状の地盤改良体を施工する場合と比較して、未改良地盤 1 3 の体積分だけ、セメント分を含有する建設汚泥を大量に発生させることがないうえ、地盤改良体 1 1 の施工に要する各種材料を削減することができる。

【 0 0 3 8 】

第 1 の実施の形態では、筒状の地盤改良体 1 1 を用いることにより、未改良地盤 1 3 に掘削した孔の孔壁の崩落を防ぎ、確実に孔壁の安定を図ることができる。また、筒状の地盤改良体 1 1 を高圧噴射攪拌工法によって造成することにより、地盤改良体 1 1 を短期間で施工することができる。

【 0 0 3 9 】

なお、非汚染地盤 1 a における既製杭 2 3 の施工方法は、上述したものに限らず、地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤を掘削せずに既製杭を打設してもよいし、予め掘削した孔に既製杭 2 3 を建て込むプレボーリング工法を適用してもよい。また、非汚染地盤 1 a に既製杭ではなく場所打ち杭を打設する場合もある。

【 0 0 4 0 】

図 5 は、既製杭 2 3 の他の施工方法や場所打ち杭 5 5 の施工方法を示す図である。図 5 (a) は、地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤を掘削せずに既製杭を打設する例を示す図である。図 5 (a) に示す例では、非汚染地盤 1 a に地盤改良体 1 1 を打設した後、平面視で地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤に位置する杭施工予定領域に、打ち込み工法、中掘り工法、回転貫入工法などによって既製杭 2 3 a を打設する。

【 0 0 4 1 】

図 5 (b) は、プレボーリング工法を適用して既製杭 2 3 を施工する例を示す図である。プレボーリング工法を適用する場合は、図 1 に示す施工手順のうち、図 1 (b) に示す工程と図 1 (c) に示す工程との間に、図 5 (b) に示す工程を追加する。

【 0 0 4 2 】

図 5 (b) に示す工程では、図 1 (b) に示す工程の後、平面視で地盤改良体 1 1 の内側に位置する杭施工予定領域 2 5 を削孔する。地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤 1 3 は、図 1 (b) に示す工程で既に掘削されているため、図 5 (b) に示す工程では、粘性土層 5、砂層 7 を貫通し、支持層 9 に達する孔 4 7 を削孔する。孔 4 7 の径 4 9 は、施工する既製杭 2 3 の径に応じたものとする。なお、孔 4 7 は、全周旋回掘削工法、アースドリル工法、T B H 工法などによって削孔する。粘性土層 5、砂層 7、支持層 9 は非汚染土層であり、かつセメント等を含有していないので、図 5 (b) に示す工程での掘削土も建設発生土としての処分が可能である。

【 0 0 4 3 】

杭施工予定領域 2 5 に孔 4 7 を削孔した後、孔 4 7 に、図 1 (c) に示すように、既製杭 2 3 を打設し、図 1 (d) に示すように、既製杭 2 3 と地盤改良体 1 1 との間にセメント系材料 2 7 を充填する。

【 0 0 4 4 】

図 5 (c) および図 5 (d) は、場所打ち杭 5 5 の施工例を示す図である。図 5 (b) に示す例では、杭施工予定領域 2 5 に孔 4 7 を削孔して既製杭 2 3 を施工する場合について説明したが、杭施工予定領域 2 5 に孔 4 7 を削孔した後、既製杭 2 3 ではなく場所打ち杭 5 5 を施工してもよい。場所打ち杭 5 5 を施工する場合は、図 5 (b) に示す工程の後、図 1 (c) および図 1 (d) に示す工程の代わりに図 5 (c) および図 5 (d) に示す工程を行う。

【 0 0 4 5 】

図 5 (c) に示す工程では、孔 4 7 および地盤改良体 1 1 の内側の空間 2 1 に、予め別のヤードで組み立てた鉄筋籠 5 1 を設置する。鉄筋籠 5 1 は、孔 4 7 の先端から地表部までの長さのものとする。

10

【 0 0 4 6 】

その後、図 5 (d) に示すように、孔 4 7 および空間 2 1 にコンクリート 5 3 を打設する。コンクリート 5 3 の打設には、トレミー管などを使用する。図 5 (d) に示す工程では、まず、孔 4 7 の部分、すなわち地盤改良体 1 1 の下端までの部分にコンクリート 5 3 を打設した後、地盤改良体 1 1 の内側の空間 2 1 にコンクリート 5 3 を打設する。

【 0 0 4 7 】

図 5 を用いて説明した例においても、第 1 の実施の形態と同様に、従来の方法と比較して合理的に杭を施工できる。また、筒状の地盤改良体 1 1 を用いることにより、未改良地盤 1 3 に掘削した孔の孔壁の崩落を防ぎ、確実に孔壁の安定を図ることができる。

【 0 0 4 8 】

20

次に、第 2 の実施の形態について詳細に説明する。

図 6 は、汚染地盤 1 に既製杭 2 3 を施工するための各工程を示す図である。図 6 (a) は、汚染地盤 1 に地盤改良体 1 1 を造成する工程を示す図、図 6 (b) は、地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤 1 3 を掘削する工程を示す図、図 6 (c) は、地盤改良体 1 1 の底部 1 7 に難透水性材料 1 9 を充填する工程を示す図、図 6 (d) は、杭施工予定領域 2 5 に既製杭 2 3 を打設する工程を示す図、図 6 (e) は、地盤改良体 1 1 と既製杭 2 3 との間にセメント系材料 2 7 を充填する工程を示す図である。

【 0 0 4 9 】

図 7 は、図 6 に示す各工程における汚染地盤 1 の水平断面を示す図である。図 7 (a) は図 6 (a) に示す矢印 F 1 - F 1、図 7 (b) は図 6 (b) に示す矢印 F 2 - F 2、図 7 (c) は図 6 (c) に示す矢印 F 3 - F 3、図 7 (d) は図 6 (d) に示す矢印 F 4 - F 4、図 7 (e) は図 6 (e) に示す矢印 F 5 - F 5 による断面を示す図である。

30

【 0 0 5 0 】

図 6 に示すように、汚染地盤 1 の表層には、汚染土層である砂層 3 が存在する。砂層 3 の下方には、非汚染土層である粘性土層 5、砂層 7、支持層 9 が存在する。

【 0 0 5 1 】

汚染地盤 1 に既製杭 2 3 を施工するには、まず、第 1 の実施の形態と同様に、二重管構造のケーシングパイプを用いた高圧噴射攪拌工法によって、図 6 (a)、図 7 (a) に示すように、汚染地盤 1 に筒状の地盤改良体 1 1 を造成する。地盤改良体 1 1 の下端部 1 5 は、汚染土層である砂層 3 を貫通し、非汚染土層である粘性土層 5 に達するものとする。地盤改良体 1 1 の粘性土層 5 への根入れ深さ 5 7 は 0 . 5 m 程度以上である。

40

【 0 0 5 2 】

図 6 (a)、図 7 (a) に示すように、汚染地盤 1 に筒状の地盤改良体 1 1 を造成し、地盤改良体 1 1 の強度が発現した後、図 6 (b)、図 7 (b) に示すように、地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤 1 3 を、地盤改良体 1 1 の底部 1 7 まで掘削する。掘削は、アースドリル工法やハンマーグラブ工法などで行う。未改良地盤 1 3 は、汚染土層である砂層 3 を含むため、図 6 (b) に示す工程での掘削土および掘削に伴って揚水した地下水は汚染されている。そのため、厳重に管理し、法に従って所定の処分場などに搬出して適切に処理する。なお、底部 1 7 までの掘削が完了した後、地盤改良体 1 1 の内側を洗浄してもよい。

50

【 0 0 5 3 】

次に、図 6 (c)、図 7 (c) に示すように、地盤改良体 1 1 の底部 1 7 に難透水性材料 1 9 を充填する。難透水性材料 1 9 は、流動化処理土やベントナイトモルタル、セメントミルク、モルタルなどの、固化後の透水係数が $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 以下の材料を使用する。また、打設厚さ 5 9 は、施工精度も考慮して、概ね 0.5 m 程度以上とする。

【 0 0 5 4 】

掘削した空間 2 1 の孔壁安定や、空間 2 1 と外部との間での汚染拡散防止に慎重を期する場合、難透水性材料 1 9 の硬化後に空間 2 1 に水やベントナイト泥水などを注入してもよい。

【 0 0 5 5 】

その後、図 6 (d)、図 7 (d) に示すように、平面視で地盤改良体 1 1 の内側に位置する杭施工予定領域 2 5 (図 6 (c) および図 7 (c)) にコンクリート製または鋼製の既製杭 2 3 を打設する。既製杭 2 3 は、難透水性材料 1 9、粘性土層 5 および砂層 7 を貫通して支持層 9 に達する。支持層 9 の N 値は、概ね 30 より大きい程度とする。

【 0 0 5 6 】

既製杭 2 3 は、例えば、ハンマーによる打撃やバイブロハンマーによる振動を付与して杭を設置する打ち込み工法により打設する。他に、既製杭 2 3 の中空部を利用して杭施工予定領域 2 5 を掘削しつつ杭を設置する中掘り工法や、回転力を付与して杭施工予定領域 2 5 に杭を設置する回転貫入工法などによって打設してもよい。

【 0 0 5 7 】

既製杭 2 3 の打設後、図 6 (e)、図 7 (e) に示すように、地盤改良体 1 1 と既製杭 2 3 との間にセメント系材料 2 7 を充填する。セメント系材料 2 7 は、例えば、流動化処理土やセメントミルク、モルタル、コンクリートなどとする。

【 0 0 5 8 】

第 2 の実施の形態では、筒状の地盤改良体 1 1 を造成する。これにより、既製杭 2 3 の施工時に、従来のように杭施工予定領域 2 5 の地盤改良体を掘削したり、既製杭 2 3 の施工後にケーシングを地盤から引き抜いたりする必要がなくなるため、合理的に杭を施工できる。また、円柱状の地盤改良体を施工する場合と比較して、未改良地盤 1 3 の体積分だけ、セメント分を含有する建設汚泥を大量に発生させることがないうえ、地盤改良体 1 1 の施工に要する各種材料を削減することができる。

【 0 0 5 9 】

第 2 の実施の形態では、筒状の地盤改良体 1 1 を用いることにより、未改良地盤 1 3 に掘削した孔の孔壁の崩落を防ぎ、確実に孔壁の安定を図ることができる。また、筒状の地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤 1 3 を掘削し、地盤改良体 1 1 の底部 1 7 に難透水性材料 1 9 を充填することにより、地盤改良体 1 1 と難透水性材料 1 9 とで囲まれた空間 2 1 と外部との間で地下水が移動することがないように地下水を止水し、汚染物質の拡散を防止することができる。

【 0 0 6 0 】

第 2 の実施の形態では、筒状の地盤改良体 1 1 を高圧噴射攪拌工法によって造成することにより、地盤改良体 1 1 を短期間で施工することができる。

【 0 0 6 1 】

なお、汚染地盤 1 における既製杭 2 3 の施工方法は、上述したものに限らず、予め掘削した孔に既製杭 2 3 を建て込むプレボーリング工法を適用してもよい。プレボーリング工法を適用する場合は、図 6 に示す施工手順に、杭施工予定領域 2 5 を支持層 9 まで削孔する工程を追加する。図 8 は、杭施工予定領域 2 5 を削孔する工程を示す図である。図 8 に示す工程は、図 6 に示す施工手順のうち、図 6 (c) に示す工程と図 6 (d) に示す工程との間に設けられる。

【 0 0 6 2 】

図 8 に示す工程では、図 6 (c) に示す工程の後、平面視で地盤改良体 1 1 の内側に位置する杭施工予定領域 2 5 を削孔する。地盤改良体 1 1 の内側の未改良地盤 1 3 は、図 6

10

20

30

40

50

(b) に示す工程で既に掘削されているため、図 8 に示す工程では、難透水性材料 19、粘性土層 5、砂層 7 を貫通し、支持層 9 に達する孔 47 を削孔する。孔 47 の径 49 は、施工する既製杭 23 の径に応じたものとする。なお、孔 47 は、全周旋回掘削工法、アースドリル工法、TBH 工法などによって削孔する。粘性土層 5、砂層 7、支持層 9 は非汚染土層であり、かつセメント等を含有していないので、図 8 に示す工程での掘削土は建設発生土としての処分が可能である。

【0063】

杭施工予定領域 25 に孔 47 を削孔した後、孔 47 に、図 6 (d) に示すように、既製杭 23 を打設し、図 1 (d) に示すように、既製杭 23 と地盤改良体 11 との間にセメント系材料 27 を充填する。

10

【0064】

図 8 に示す例では、杭施工予定領域 25 に孔 47 を削孔して既製杭 23 を施工する場合について説明したが、既製杭 23 ではなく場所打ち杭を施工してもよい。図 9 は、場所打ち杭 55 の施工例を示す図である。杭施工予定領域 25 に孔 47 を削孔して場所打ち杭 55 を施工する場合は、図 8 に示す工程の後、図 6 (d) および図 6 (e) に示す工程の代わりに図 9 (a) および図 9 (b) に示す工程を行う。

【0065】

図 9 (a) に示す工程では、孔 47 および地盤改良体 11 の内側の空間 21 に、予め別のヤードで組み立てた鉄筋籠 51 を設置する。鉄筋籠 51 は、孔 47 の先端から地表部までの長さのものとする。

20

【0066】

その後、図 9 (b) に示すように、孔 47 および空間 21 にコンクリート 53 を打設する。コンクリート 53 の打設には、トレミー管などを使用する。図 9 (b) に示す工程では、まず、孔 47 の部分、すなわち難透水性材料 19 の上端までの部分にコンクリート 53 を打設した後、地盤改良体 11 の内側の空間 21 にコンクリート 53 を打設する。

【0067】

図 8 や図 9 を用いて説明した例においても、第 2 の実施の形態と同様に、従来の方法と比較して合理的に杭を施工できる。また、筒状の地盤改良体 11 を用いることにより、未改良地盤 13 に掘削した孔の孔壁の崩落を防ぎ、確実に孔壁の安定を図ることができる。また、筒状の地盤改良体 11 の内側の未改良地盤 13 を掘削し、地盤改良体 11 の底部 17 に難透水性材料 19 を充填することにより、地盤改良体 11 と難透水性材料 19 とで囲まれた空間 21 から外部に地下水が移動することがないように地下水を止水し、汚染物質の拡散を防止することができる。

30

【0068】

次に、第 3 の実施の形態について説明する。

図 10 は、自走式造成機 60 およびケーシングパイプ 67 を用いて地盤改良体 11 a を施工するための各工程を示す図である。図 10 (a) は、ケーシングパイプ 67 の運搬が完了した状態を示す図、図 10 (b) は、ケーシングパイプ 67 の圧入準備が完了した状態を示す図、図 10 (c) は、ケーシングパイプ 67 の圧入が完了した状態を示す図、図 10 (d) は、ケーシングパイプ 67 を引き上げている状態を示す図、図 10 (e) は、ケーシングパイプ 67 の引き上げが完了した状態を示す図である。

40

【0069】

図 11 は、ケーシングパイプ 67 の構成および動作等を示す図である。図 11 (a) は、高圧配管 73、75 の位置でのケーシングパイプ 67 の垂直断面図であり、図 10 (d) に示す範囲 G の拡大図である。図 11 (b) は、ケーシングパイプ 67 を非汚染地盤 1 a に圧入している状態での水平断面図であり、図 11 (a) の矢印 I1 - I1 による断面を示す図である。図 11 (c) は、地盤改良体 11 a の水平断面図であり、図 11 (c) の矢印 I2 - I2 による断面を示す図である。

【0070】

第 1 および第 2 の実施の形態では、図 3 に示す全旋回施工機 31 および大径のケーシ

50

グパイプ 29 を用いて筒状の地盤改良体 11 を造成したが、第 3 の実施の形態では、図 10 に示す自走式造成機 60 および小径のケーシングパイプ 67 を用いて地盤改良体 11a を造成する。

【0071】

図 10、図 11 に示すケーシングパイプ 67 は、車載可能な重量および長さとする。ケーシングパイプ 67 は、図 3、図 4 に示すケーシングパイプ 29 よりも小径であり、例えば、直径 1.5 ~ 2 m 程度である。ケーシングパイプ 67 の長さは、例えば、直径の 5 倍以上である。ケーシングパイプ 67 は、図 11 (a) に示すように、外ケーシング 69 と内ケーシング 71 とを有する二重管構造である。ケーシングパイプ 67 は、外ケーシング 69 および内ケーシング 71 の先端の位置に、底板 89 が設けられる。ケーシングパイプ 67 は、鋼製である。

10

【0072】

図 11 (a)、図 11 (b) に示すように、外ケーシング 69 の先端の内周面側には、周方向に所定の間隔をおいて、ビット 85 が設けられる。内ケーシング 71 の先端より少し上方の内周面側には、周方向に所定の間隔をおいて、スタビライザ 87 が設けられる。外ケーシング 69 と内ケーシング 71 との間には、高圧配管 73、高圧配管 75 が設けられる。

【0073】

図 11 (a) に示すように、高圧配管 75 の先端にはノズル 81 が設けられる。ノズル 81 は底板 89 を貫通して配置される。図 11 (b) に示すように、ノズル 81 を有する高圧配管 75 は、平面視で、外ケーシング 69 と内ケーシング 71 との間の 2 か所に配置される。

20

【0074】

また、図 11 (a) に示すように、高圧配管 73 の先端には一対のノズル 77 が設けられる。一対のノズル 77 は、鉛直方向の同一線上に所定の間隔をおいて配置される。ノズル 77 は、ビット 85 の少し上方において、外ケーシング 69 を貫通して配置される。図 11 (b) に示すように、ノズル 77 は、平面視で、外ケーシング 69 と内ケーシング 71 との間の 2 か所に配置される。

【0075】

ケーシングパイプ 67 を用いて地盤改良体 11a を形成するには、まず、図 10 (a) に示すように、自走式造成機 60 を用いてケーシングパイプ 67 を所定の位置まで運搬する。自走式造成機 60 は、例えば、ラフタークレーン 61 にリーダ 63 を設置したものである。ケーシングパイプ 67 は、リーダ 63 に設けられたガイド部 65 および回転駆動部 66 によって把持されて運搬される。

30

【0076】

ケーシングパイプ 67 の運搬を完了した後、アウトリガを張り出して自走式造成機 60 の位置を固定する。そして、図 10 (b) に示すように、ラフタークレーン 61 によってリーダ 63 を鉛直方向に設置し、ケーシングパイプ 67 の圧入準備を行う。

【0077】

次に、図 10 (c) に示すように、リーダ 63 の回転駆動部 66 を用いてケーシングパイプ 67 を矢印 H1 に示す方向に回転させつつ下降させて、非汚染地盤 1a に回転削孔圧入する。このとき、図 11 (a) に示すノズル 77 およびノズル 81 からのジェットの噴射は行わない。圧入は、ケーシングパイプ 67 の先端が粘性土層 5 の根入れ深さに達したところで完了する。図 11 (b) に示すように、ケーシングパイプ 67 を圧入すると、ケーシングパイプ 67 本体による掘削部 93a と、内ケーシング 71 の内周側に設けられたスタビライザ 87 によって形成された余掘り部 93b とからなる掘削範囲 93 が形成される。

40

【0078】

次に、図 10 (d)、図 11 (a) に示すように、リーダ 63 の回転駆動部 66 を用いてケーシングパイプ 67 を矢印 H2 に示す方向に回転させつつ一定速度で上昇させて、非

50

汚染地盤 1 a から引き上げる。このとき、高圧配管 7 3、高圧配管 7 5 に、図示しないセメントミルクプラントや高圧ポンプからの供給管を接続する。そして、図 1 1 (a) に示すように、高圧配管 7 5 に設けられたノズル 8 1 から、高圧のセメントミルクおよび圧縮空気からなるジェット 8 3 を下向きに噴射する。

【 0 0 7 9 】

また、図 1 1 (a) に示すように、高圧配管 7 3 に設けられた一対のノズル 7 7 から、高圧のセメントミルクおよび圧縮空気からなるジェット 7 9 を噴射する。一対のノズル 7 7 のうち、上側のノズル 7 7 からは、ケーシングパイプ 6 7 の径方向外側に、且つ、斜め下向きにジェット 7 9 を噴射する。下側のノズル 7 7 からは、ケーシングパイプ 6 7 の径方向外側に、且つ、斜め上向きにジェット 7 9 を噴射する。一対のジェット 7 9 は、外ケーシング 6 9 の外側で交差する交差噴流である。

10

【 0 0 8 0 】

ジェット 7 9 およびジェット 8 3 を噴射しながらケーシングパイプ 6 7 を所定の速度で引き上げつつ回転させると、図 1 1 (a)、図 1 1 (b) に示すように、ケーシングパイプ 6 7 の圧入時に形成された掘削範囲 9 3 の外側が、交差噴流である一対のジェット 7 9 によって、ジェット 7 9 同士が交差する位置まで切削され、拡幅部 9 1 が形成される。そして、掘削範囲 9 3 と拡幅部 9 1 とで形成される新たな掘削範囲 9 5 の内部で、ジェット 7 9 およびジェット 8 3 によって、高圧のセメントミルクおよび圧縮空気と非汚染地盤 1 a の土砂とが攪拌される（高圧噴射攪拌工法）。そして、図 1 1 (a) および図 1 1 (c) に示すように、掘削範囲 9 5 に所定の厚さの筒状の地盤改良体 1 1 a が造成される。

20

【 0 0 8 1 】

ケーシングパイプ 6 7 の引き上げは、図 1 0 (e) に示すように、地表から粘性土層 5 までの全長にわたって地盤改良体 1 1 a が造成されたところで完了する。図 1 0 (e) および図 1 1 (c) に示すように、地盤改良体 1 1 a の内側の地盤は、未改良地盤 1 3 として残る。

【 0 0 8 2 】

第 3 の実施の形態では、非汚染地盤 1 a に筒状の地盤改良体 1 1 a を造成し、地盤改良体 1 1 a の強度が発現した後、第 1 の実施の形態や図 5 を用いて説明した例と同様にして、平面視で地盤改良体 1 1 a の内側に位置する杭施工予定領域に既製杭 2 3 や場所打ち杭 5 5 を施工する。

30

【 0 0 8 3 】

第 3 の実施の形態の方法で地盤改良体 1 1 a を造成した場合にも、第 1 の実施の形態と同様の効果が得られる。

【 0 0 8 4 】

第 3 の実施の形態で述べた、自走式造成機 6 0 および小径のケーシングパイプ 6 7 を用いた地盤改良体 1 1 a の造成方法は、図 6 に示す汚染地盤 1 に地盤改良体 1 1 a を造成する際にも適用できる。図 6 に示す汚染地盤 1 に自走式造成機 6 0 および小径のケーシングパイプ 6 7 を用いて地盤改良体 1 1 a を造成した後、第 2 の実施の形態や、図 8、図 9 を用いて説明した例と同様にして既製杭 2 3 や場所打ち杭 5 5 を施工すれば、第 2 の実施の形態と同様の効果が得られる。

40

【 0 0 8 5 】

なお、地盤改良体の造成方法は上述したものに限らない。第 1 および第 2 の実施の形態において、高圧噴射攪拌工法用のケーシングパイプを回転圧入ではなく回転削孔圧入させてもよい。また、第 1 から第 3 の実施の形態において、ケーシングパイプを引き上げる際のジェットの噴射方向は、図 4 (c) や図 1 1 (a) に示す方向でなくてもよい。さらに、高圧噴射攪拌工法ではなく機械攪拌工法によって筒状の地盤改良体を造成してもよい。

【 0 0 8 6 】

第 1 から第 3 の実施の形態では、粘性土層 5 より下方の層である支持層 9 に下端部が達するように杭を施工したが、下端部が支持層に達しない場合もあり得る。このとき、杭は粘性土層 5 より下方の層と杭との摩擦力によって支持される。

50

【 0 0 8 7 】

以上、添付図面を参照しながら、本発明に係る好適な実施形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、本願で開示した技術的思想の範疇内において、各種の変更例又は修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

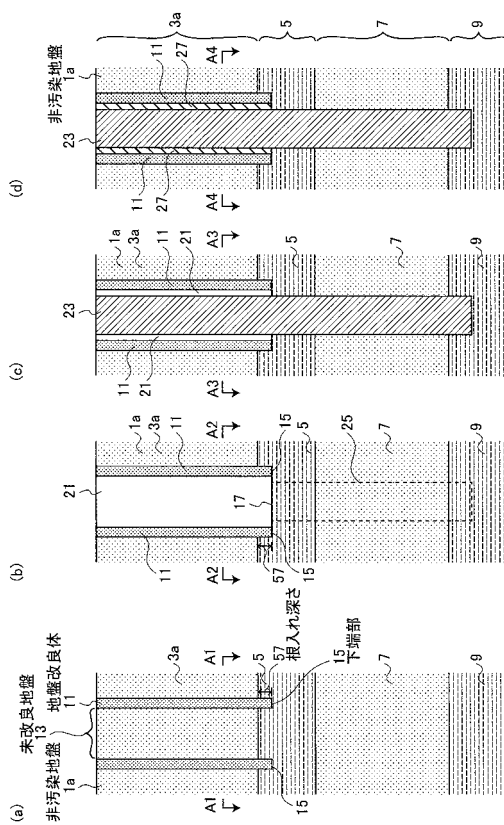
【 符号の説明 】

【 0 0 8 8 】

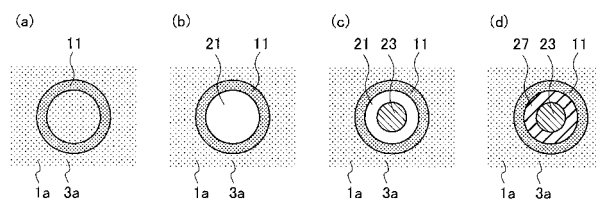
1	汚染地盤	
1 a	非汚染地盤	
3、3 a、7	砂層	10
5	粘性土層	
9	支持層	
1 1、1 1 a	地盤改良体	
1 3	未改良地盤	
1 5	下端部	
1 7	底部	
1 9	難透水性材料	
2 1	空間	
2 3、2 3 a	既製杭	
2 5	杭施工予定領域	20
2 7	セメント系材料	
2 9	ケーシングパイプ	
3 1	全旋回施工機	
3 3	先端	
3 5、6 9	外ケーシング	
3 7、7 1	内ケーシング	
3 9、8 9	底板	
4 1	改良ロッド	
4 3、7 7、8 1	ノズル	
4 5、7 9、8 3	ジェット	30
4 7	孔	
4 9	径	
5 1	鉄筋籠	
5 3	コンクリート	
5 5	場所打ち杭	
5 7	根入れ深さ	
5 9	厚さ	
6 0	自走式造成機	
6 1	ラフタークレーン	
6 3	リーダ	40
6 5	ガイド部	
6 6	回転駆動部	
6 7	ケーシングパイプ	
7 3、7 5	高圧配管	
8 5	ビット	
8 7	スタビライザ	
9 1	拡幅部	
9 3、9 5	掘削範囲	
9 3 a	掘削部	
9 3 b	余掘り部	50

1 0 1 ... 地盤
 1 0 3 ... 地盤改良体
 1 0 5 ... 削孔部
 1 0 7 ... 杭

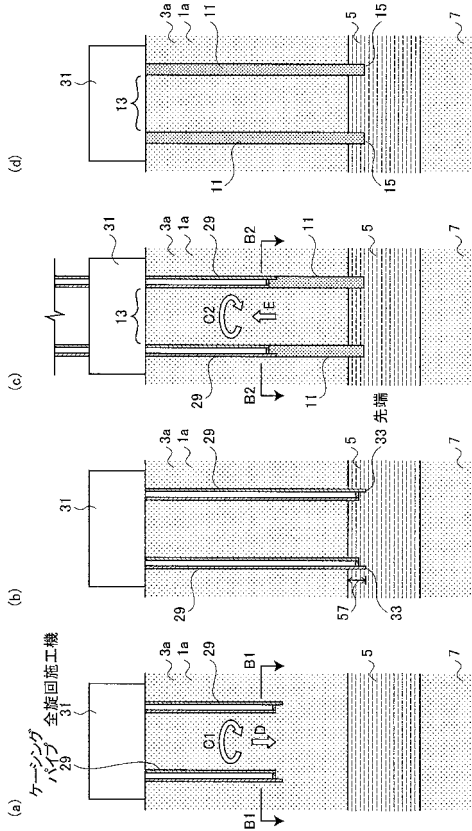
【図 1】



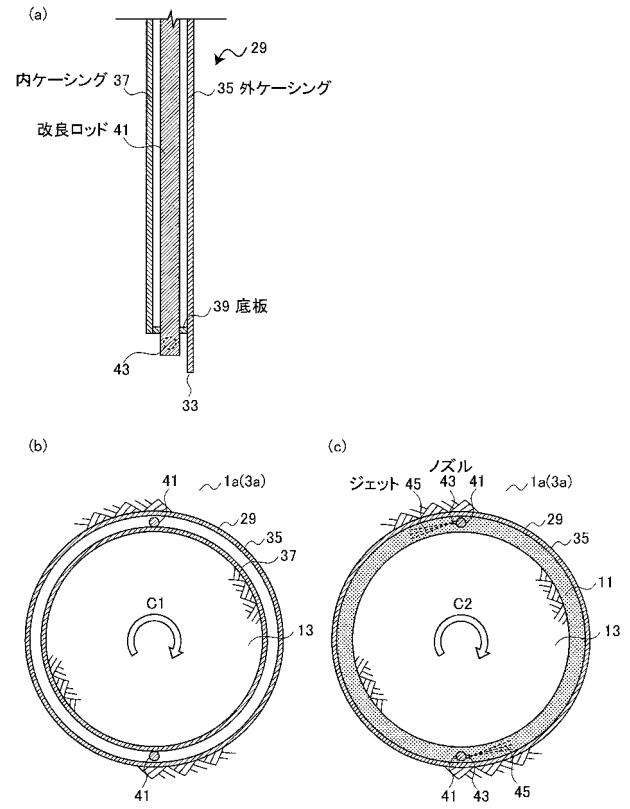
【図 2】



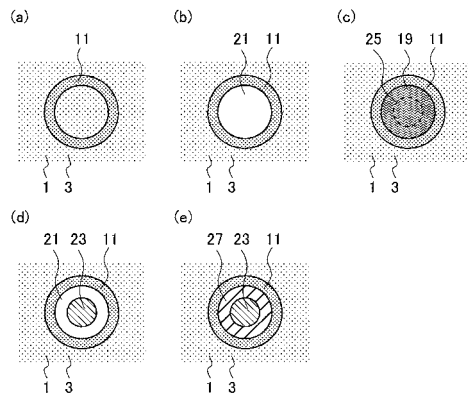
【図 3】



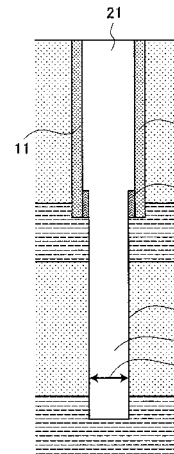
【図 4】



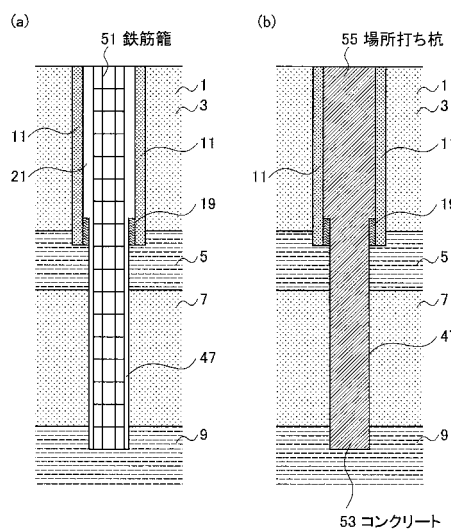
【図 7】



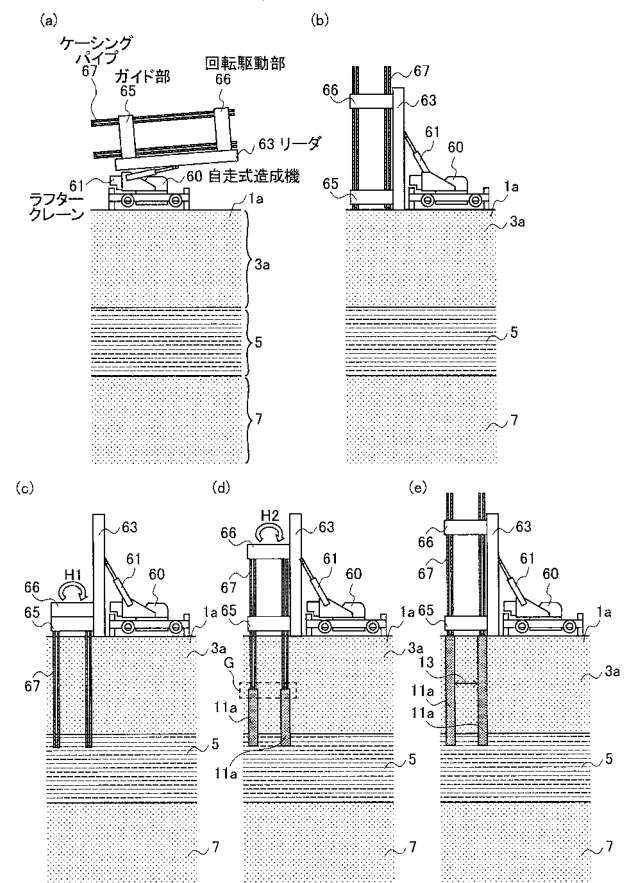
【図 8】



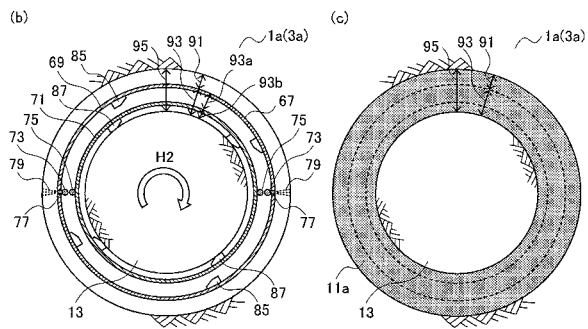
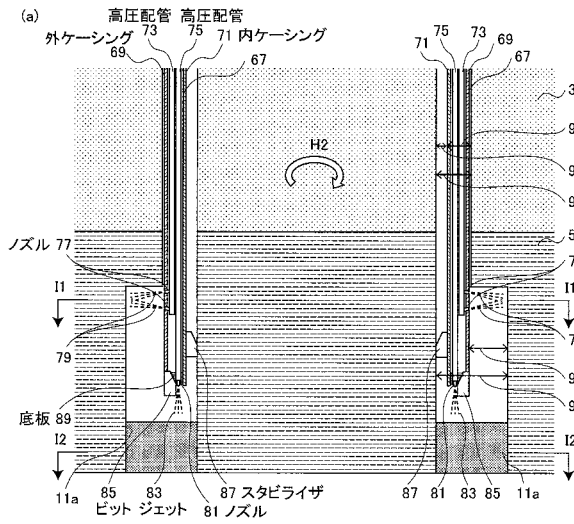
【図 9】



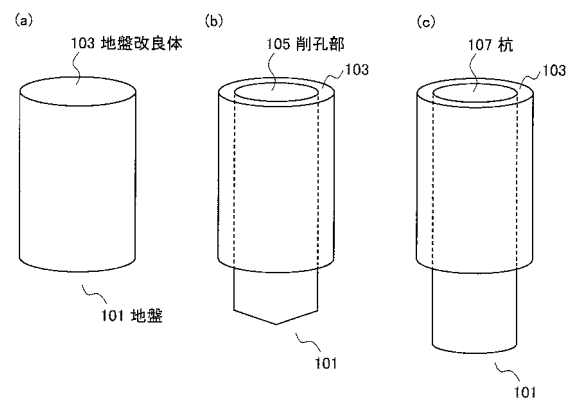
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 坂本 守
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 伊藤 卓
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 三木 浩司
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 土屋 勉
東京都港区虎ノ門2丁目2番5号 ケミカルグラウト株式会社内
- (72)発明者 吉田 達生
東京都港区虎ノ門2丁目2番5号 ケミカルグラウト株式会社内
- (72)発明者 阿部 宏幸
東京都港区虎ノ門2丁目2番5号 ケミカルグラウト株式会社内
- Fターム(参考) 2D040 AA04 AB03 CA01 CB03
2D041 AA01 AA02 BA33 CA01 CB01 DA02 DA03 FA02