

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

**特許第6915800号
(P6915800)**

(45) 発行日 令和3年8月4日(2021.8.4)

(24) 登録日 令和3年7月19日(2021.7.19)

(51) Int. Cl. F 1
E O 2 D 3/08 (2006.01) E O 2 D 3/08

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-65460 (P2017-65460)	(73) 特許権者	304026696 国立大学法人三重大学 三重県津市栗真町屋町1577
(22) 出願日	平成29年3月29日(2017.3.29)	(73) 特許権者	507301486 株式会社 尾鋼組 三重県松阪市飯高町宮前321番地の4
(65) 公開番号	特開2018-168562 (P2018-168562A)	(73) 特許権者	505398941 東日本高速道路株式会社 東京都千代田区霞が関三丁目3番2号
(43) 公開日	平成30年11月1日(2018.11.1)	(73) 特許権者	505398952 中日本高速道路株式会社 愛知県名古屋市中区錦二丁目18番19号
審査請求日	令和2年1月6日(2020.1.6)	(73) 特許権者	505398963 西日本高速道路株式会社 大阪府大阪市北区堂島一丁目6番20号 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 碎石構造体の構築方法及び碎石構造体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

高低差のある地表面を有する土地の地中に碎石構造体を構築する方法であって、
前記地中に第1空間を形成する第1掘削工程と、
前記第1掘削工程によって形成された前記第1空間に碎石を投入して押圧することで、
第1碎石柱を形成する第1碎石柱形成工程と、
前記地中であって前記第1碎石柱と接続する位置に第2空間を形成する第2掘削工程と、
前記第2掘削工程によって形成された前記第2空間に碎石を投入して押圧することで、
前記第1碎石柱と接続する第2碎石柱を形成する第2碎石柱形成工程と、
一端が前記地中で前記碎石構造体と接続し、他端が地表に位置する排水管を設置する排水
管設置工程と、を備え、
前記排水管は、前記他端の高さが、前記一端の高さと同じ、又は、前記一端の高さより
低い、碎石構造体の構築方法。

【請求項2】

前記第2掘削工程では、形成された前記第1碎石柱の一部と前記第1碎石柱に隣接する
土地を掘削して前記地中に第2空間を形成し、
前記第2碎石柱形成工程では、平面視したときに前記第1掘削工程によって形成された
前記第1碎石柱の径と前記第2碎石柱の径との一部が重なるように第2碎石柱を形成する
、請求項1に記載の碎石構造体の構築方法。

10

20

【請求項 3】

前記第 1 掘削工程と前記第 1 砕石柱形成工程と前記第 2 掘削工程と前記第 2 砕石柱形成工程は、砕石柱形成装置を用いて行われ、

前記砕石柱形成装置は、円筒部と、前記円筒部内に回転可能に配置されると共に駆動装置に接続されて地中を掘削する螺旋部と、を備えるアタッチメントを備えており、

前記第 1 掘削工程及び前記第 2 掘削工程では、前記駆動装置によって前記螺旋部と前記円筒部とを一体に回転させて前記アタッチメントを地中内に挿入しながら地中を掘削し、

前記第 1 砕石柱形成工程及び前記第 2 砕石柱形成工程では、前記円筒部内に砕石を投入し、前記アタッチメントを地中内から上昇させながら前記円筒部内に投入された砕石によって砕石柱を形成する、請求項 1 又は 2 に記載の砕石構造体の構築方法。

10

【請求項 4】

高低差のある地表面を有する土地の地中に形成した空間に形成される砕石構造体であって、

砕石によって構成される複数の砕石柱と、

一端が地中で前記複数の砕石柱と接続し、他端が地表に位置する少なくとも 1 つの排水管と、を備えており、

前記複数の砕石柱のうち少なくとも 1 つの砕石柱は、当該砕石柱に隣接する他の砕石柱と接続しており、

前記複数の砕石柱のうち少なくとも 1 つの砕石柱と前記他の砕石柱は、連続して 1 つの構造体を形成しており、

20

前記排水管は、前記他端の高さが、前記一端の高さと同じ、又は、前記一端の高さより低い、砕石構造体。

【請求項 5】

平面視したときに、前記複数の砕石柱のうち少なくとも 1 つの砕石柱の径は、前記他の砕石柱の径と一部が重なっている、請求項 4 に記載の砕石構造体。

【請求項 6】

前記複数の砕石柱は、直線状に配置されており、前記複数の砕石柱のそれぞれが隣接する他の砕石柱と接続している、請求項 4 又は 5 に記載の砕石構造体。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

30

【0001】

本明細書に開示する技術は、砕石構造体の構築方法及び砕石構造体に関する。

【背景技術】**【0002】**

例えば、高層住宅や高速道路などの大型インフラ建築分野では、地盤強化、液状化対策等の地盤改良のために、地中に砕石柱を形成する方法（例えば、特許文献 1）や地中にコンクリート杭等の地中構造体を形成する方法が開発されている。地盤改良を必要とする地盤は、その地盤毎に地質やその表面の性状（例えば、傾斜面等）が異なっており、その地盤の性質に合わせた地盤改良が必要となる。例えば、傾斜面を有する地盤に対しては、地滑りを防止するための地盤改良が必要となることがあり、このような場合は、傾斜面の途中又は傾斜面の上方の平坦面で、壁状の地中構造体が地中に形成されることがある。このように、地盤毎にその地盤に適した地盤改良を行う必要があるため、地盤毎に地盤改良のための地中構造体の大きさや形状も異なる。例えば、特許文献 2 には、斜面に沿ってコンクリート杭列を構築し、コンクリート杭を壁状に形成した地中構造体が開示されている。

40

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2010 - 248885 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 238554 号公報

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献2の地中構造体は、コンクリート杭列を壁状に打設することによって、傾斜面の地滑りを抑止している。しかしながら、特許文献2の地中構造体はコンクリートによって形成されているため、施工に手間や時間がかかる点、撤去する際には地中で固化したコンクリートの処理が困難になる点等の問題があった。本明細書は、砕石柱を用い、構造体としての強度を有すると共に透水性を有する所望の形状や大きさの構造体を地中に簡易に形成する技術を開示する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本明細書に開示する砕石構造体の構築方法は、地中に砕石構造体を構築する。この方法は、地中に第1空間を形成する第1掘削工程と、第1掘削工程によって形成された第1空間に砕石を投入して押圧することで、第1砕石柱を形成する第1砕石柱形成工程と、地中であって第1砕石柱と接続する位置に第2空間を形成する第2掘削工程と、第2掘削工程によって形成された第2空間に砕石を投入して押圧することで、第1砕石柱と接続する第2砕石柱を形成する第2砕石柱形成工程と、を備える。

【0006】

上記の砕石構造体の構築方法では、第1砕石柱と接続する位置に第2空間を形成することによって、第1砕石柱と接続する第2砕石柱を形成することができる。このため、複数の砕石柱が連続した砕石構造体を地中に構築することができる。コンクリートではなく砕石を用いるため、地中に適度な透水性と強度を有する構造体を簡易に形成することができる。なお、砕石構造体の構築方法とは、別言すると、砕石構造体の生産方法や製造方法に相当し、砕石構造体の生産方法や製造方法と言うこともできる。

【0007】

また、本明細書に開示する砕石構造体は、地中に形成した空間に形成される。砕石構造体は、砕石によって構成される複数の砕石柱を備えている。複数の砕石柱のうち少なくとも1つの砕石柱は、当該砕石柱に隣接する他の砕石柱と接続している。複数の砕石柱のうち少なくとも1つの砕石柱と他の砕石柱は、連続して1つの構造体を形成している。

【0008】

上記の砕石構造体では、複数の砕石柱が連続して1つの構造体となっている。このため、地中に所望の形状や大きさ、透水性、強度を調整した砕石構造体を容易に形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施例に係る砕石構造体の一例を示す斜視図。

【図2】実施例に係る砕石構造体の一部を示す上面図。

【図3】砕石柱形成装置の概略構成を示す図。

【図4】アタッチメントの円筒部及び螺旋部の構成を示す断面図。

【図5】実施例に係る砕石構造体の製造方法を示すフローチャート。

【図6】実施例に係る砕石構造体の製造方法を示す図であって、第1空間を形成した状態を示す。

【図7】実施例に係る砕石構造体の製造方法を示す図であって、第1空間内に砕石柱を形成した状態を示す。

【図8】実施例に係る砕石構造体の製造方法を示す図であって、第2空間を形成した状態を示す。

【図9】実施例に係る砕石構造体の別の一例を示す図。

【図10】傾斜面に砕石構造体と排水管とスタンドパイプが設置された状態を示す図。

【図11】実施例に係る砕石構造体のさらに別の一例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0010】

10

20

30

40

50

以下に説明する実施例の主要な特徴を列記しておく。なお、以下に記載する技術要素は、それぞれ独立した技術要素であって、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。

【0011】

(特徴1) 本明細書が開示する砕石構造体の構築方法は、第2掘削工程では、形成された第1砕石柱の一部と第1砕石柱に隣接する土地を掘削して地中に第2空間を形成してもよい。第2砕石柱形成工程では、平面視したときに第1掘削工程によって形成された第1砕石柱の径と第2砕石柱の径との一部が重なるように第2砕石柱を形成してもよい。このような構成によると、第1砕石柱の径と第2砕石柱の径の一部が重なるように第2砕石柱を形成することによって、より確実に連続した地中構造体を構築することができる。このため、所望の形状や大きさ、透水性、強度を地質に適応調整した砕石構造体を地中に構築することができる。

10

【0012】

(特徴2) 本明細書が開示する砕石構造体の構築方法では、第1掘削工程と第1砕石柱形成工程と第2掘削工程と第2砕石柱形成工程は、砕石柱形成装置を用いて行われてもよい。砕石柱形成装置は、円筒部と、円筒部内に回転可能に配置されると共に駆動装置に接続されて地中を掘削する螺旋部と、を備えるアタッチメントを備えていてもよい。第1掘削工程及び第2掘削工程では、駆動装置によって螺旋部と円筒部とを一体に回転させてアタッチメントを地中内に挿入しながら地中を掘削してもよい。第1砕石柱形成工程及び第2砕石柱形成工程では、円筒部内に砕石を投入し、アタッチメントを地中内から上昇させながら円筒部内に投入された砕石によって砕石柱を形成してもよい。このような構成によると、上記のアタッチメントを備える砕石柱形成装置を用いて砕石構造体を形成することによって、第1砕石柱と第2砕石柱とが接続されるように第2空間が形成され、その第2空間内に砕石を投入して押圧することで、第1砕石柱と第2砕石柱とを接続することができる。このため、連続した砕石構造体を好適に構築することができ、所望の形状の砕石構造体を構築することができる。

20

【0013】

(特徴3) 本明細書が開示する砕石構造体では、平面視したときに、複数の砕石柱のうち少なくとも一つの砕石柱の径は、他の砕石柱の径と一部が重なっていてもよい。このような構成によると、砕石構造体をより確実に連続した地中構造体とすることができる。このため、砕石構造体の形状を、所望の形状にすることができる。

30

【0014】

(特徴4) 本明細書が開示する砕石構造体では、複数の砕石柱は、直線状に配置されていてもよく、複数の砕石柱のそれぞれが隣接する他の砕石柱と接続していてもよい。このような構成によると、複数の砕石柱が直線状に配置されていることによって、砕石構造体は壁状となる。このため、例えば、傾斜面等の地盤の地滑りを抑制するための地盤改良に好適に用いることができる。

【0015】

(特徴5) 本明細書が開示する砕石構造体では、一端が地中で前記砕石構造体と接続し、他端が地表に位置する排水管をさらに備えていてもよい。このような構成によると、例えば、排水管の他端を前記砕石構造体と接続する一端より低い位置又は同一高さの位置に設置することによって、砕石構造体を構成する砕石の間を通過する透水を、排水管を介して好適に排水することができる。このため、地中の水を好適に排水することができ、地中の水位を下げ、地盤の液状化現象や地盤の軟化による地盤崩壊を防ぐことができる。

40

【実施例】

【0016】

以下、実施例に係る砕石構造体50について説明する。砕石構造体50は、地中に形成された空間に砕石を圧入することによって形成される。砕石構造体50は、複数の砕石柱52を備えている。複数の砕石柱52a~52hのそれぞれは、z方向に伸びる円柱形状を有している。このため、砕石柱52をz方向に沿って見ると(すなわち、砕石柱52を

50

上方から見ると)円形状となる。本明細書では、z方向に沿って見たときの円形状の径を砕石柱52の径という。なお、後述する説明から明らかなように、砕石柱52が伸びるz方向は、地中に空間を形成するために地中を掘削する方向となっている。このため、地面に対して垂直に掘削して空間を形成した場合、砕石柱52は地面に対して直交する方向に伸びる。地面に対して傾斜させて掘削して空間を形成した場合、砕石柱52は地面に対して傾斜して伸びることとなる。図1に示すように、砕石構造体50は、8本の砕石柱52 a ~ 52 hを備えている。8本の砕石柱52 a ~ 52 hは、直線上に配置されており、x方向に1列に延びている。すなわち、砕石構造体50は壁状となっている。8本の砕石柱52 a ~ 52 hのy方向の寸法(すなわち、各砕石柱52 a ~ 52 hの径方向の寸法)は同一である。また、8本の砕石柱52 a ~ 52 hのz方向の寸法(すなわち、各砕石柱52 a ~ 52 hの深さ方向の寸法)は同一である。なお、以下の明細書において、砕石柱52を区別する必要があるときは砕石柱52 a ~ 52 hのように沿字のアルファベットを用いて記載し、区別する必要のないときは単に砕石柱52と記載する場合がある。

【0017】

隣接する砕石柱52はそれぞれ接続しており、砕石構造体50は1つの構造体を形成している。図2に示すように、砕石構造体50を上部から平面視すると(すなわち、z方向に沿って見ると)、砕石柱52 aの一部と砕石柱52 bの一部は重なっており、砕石柱52 bの一部と砕石柱52 cの一部は重なっている。詳細には、砕石柱52 aの径R1と砕石柱52 bの径R2は、長さL1だけ重なっている。長さL1は、例えば、砕石柱52 aの径R1及び砕石柱52 bの径R2の0%以上、かつ、50%以下の長さとする事ができる。好ましくは長さL1を径R1、R2の0%以上にする事によって、砕石柱52 aと52 bを接続し、連続した構造体とすることができる。また、長さL1を径R1、R2の50%以下することによって、砕石構造体50を構成する砕石柱52の数が多くなることを抑制することができる。さらに好ましくは、長さL1は、径R1、R2の5%以上、かつ、25%以下の長さであってもよい。同様に、砕石柱52 bの径R2と砕石柱52 cの径R3は、長さL2だけ重なっており、長さL2は、砕石柱52 bの径R2及び砕石柱52 cの径R3の0%以上、かつ、50%以下の長さとなっている。このように、砕石構造体50を構成する8本の砕石柱52は全て、隣接する砕石柱52と平面視したときに重なっている。

【0018】

なお、本実施例の各砕石柱52の径は同一となっているが、このような構成に限定されない。砕石構造体50を構成する複数の砕石柱52は互いに接続されていればよく、各砕石柱の径が異なってもよい。各砕石柱の径が異なる場合には、隣接する砕石柱のうち径が小さい方の砕石柱が、隣接する砕石柱と上記の範囲で重なっている方が好ましい。また、本実施例では、各砕石柱52の深さ方向の寸法は、全ての砕石柱52において同一となっているが、各砕石柱52の深さ方向の寸法は、砕石柱52毎に異なる寸法であってもよい。このことで、硬い岩盤等によって砕石柱を形成する際に制限が生じる場合であっても、各砕石柱の深さ方向の寸法を変更することによって、地表面から砕石柱上面までの距離を一定に保った砕石構造体の構築に柔軟に対応できる。

【0019】

砕石構造体50を構成する各砕石柱52は、砕石柱形成装置100を用いて形成される。ここで、砕石柱形成装置100について説明する。図3に示すように、砕石柱形成装置100は、建設機械としての地盤改良機40と、地盤改良機40に装着されたアタッチメント10を備えている。地盤改良機40は、図3に示されるように、地盤改良機本体構造1と、運転席としてのキャビン7と、低接地圧で不整地を移動可能な無限軌道であるクローラ6と、施工時において地盤改良機40の揺動を抑制するアウトリガー5と、を備える。

【0020】

地盤改良機40は、さらに、アタッチメント10を操作するための構成として、アタッチメント10にモーター出力軸27を介して回転駆動力を供給する駆動装置11と、昇降

ガイドレール 9 を有するリーダー 4 と、リーダー 4 を支持するためのリーダー取付ベース 2 と、リーダー 4 の傾きを操作する油圧シリンダー 3 と、リーダー 4 の下端部においてリーダー 4 と一体的に形成されている延長脚柱 8 と、を備えている。

【 0 0 2 1 】

アタッチメント 1 0 は、フィン 1 3 が設けられた円筒部 1 2 と、螺旋部 1 4 と、円筒部 1 2 の振れ止め用の包囲枠 3 0 と、二股のフォーク形状を有するハンガーステー 1 8 と、カム凸子 1 7 を有するトップカバーケース 1 6 と、碎石投入装置 3 2 と、包囲枠 3 0 を支持する取付プレート 3 7 と、碎石投入装置 3 2 を支持する支持アーム 3 9 と、アタッチメント 1 0 による施工状態を管理する施工管理装置 4 1 と、を備えている。

【 0 0 2 2 】

円筒部 1 2 には、碎石投入孔 1 5 が形成され、碎石投入孔 1 5 は開閉蓋 2 0 によって塞がれている。碎石投入装置 3 2 は、ホッパー部 3 3 と、ホッパー部 3 3 の下部に配置されるシュート部 3 4 を備えている。碎石投入孔 1 5 は、アタッチメント 1 0 が地中を掘削する際には開閉蓋 2 0 によって閉じられている。これによって、碎石投入孔 1 5 から土砂が侵入することを防止できる。また、円筒部 1 2 内に碎石を投入する際には開閉蓋 2 0 が開けられる。これによって、碎石投入装置 3 2 に投入した碎石を碎石投入孔 1 5 から円筒部 1 2 内に投入することができる。通常用いられる碎石は、岩石を粉砕したものであるため一定の形状ではなく、約 2 ~ 5 0 mm の直径を有するが、これに限定されない。碎石は、2 mm よりも小さな直径のものを含んでいてもよいし、5 0 mm より大きな直径のものを含んでいてもよい。アタッチメントの形状を変えることで 5 0 mm より大きな直径のものも扱うことができる。

【 0 0 2 3 】

図 4 は、円筒部 1 2 と螺旋部 1 4 の構成を示す断面図である。螺旋部 1 4 は、回転入力軸 2 6 及びコアロッド 2 2 と一体的に構成されている。回転入力軸 2 6 は、駆動装置 1 1 のモーター出力軸 2 7 に接続されている。回転入力軸 2 6 は、モーター出力軸 2 7 の回転駆動力に応じて回転し、その回転駆動力を一体的に結合されたコアロッド 2 2 を介して螺旋部 1 4 に伝達する。螺旋部 1 4 の先端には掘削翼が設けられている。掘削翼は、螺旋部 1 4 の先端に向かうにしたがって径が大きくなる螺旋状に形成されている。掘削翼の略全体は円筒部 1 2 内に配置されており、掘削翼の先端の一部のみが円筒部 1 2 の先端から突出している。

【 0 0 2 4 】

コアロッド 2 2 は、軸受け管 2 3 と放射ステー 2 4 とで円筒部 1 2 に回転可能に結合され、円筒部 1 2 と回転軸を共通にしている。一方、円筒部 1 2 は、その周囲に螺旋状のフィン 1 3 を有している。フィン 1 3 は、螺旋部 1 4 の螺旋（すなわち、掘削翼）と同一方向の螺旋形状を有している。すなわち、掘削する際には、円筒部 1 2 と螺旋部 1 4 は、同一方向に回転することになる。これにより、螺旋部 1 4 の掘削によって生じた掘削土砂がフィン 1 3 によって地表に運搬されることになる。

【 0 0 2 5 】

アタッチメント 1 0 は、さらに、トップカバーケース 1 6 の内部において、回転入力軸 2 6 とコアロッド 2 2 との間に、図示しないワンウェイクラッチ機構を備えている。ワンウェイクラッチ機構は、掘削時の回転方向の駆動においては、自動的に螺旋部 1 4 と円筒部 1 2 が一体として回転する作動状態となる。これにより、上述のように螺旋部 1 4 で掘削した土砂を円筒部 1 2 が有するフィン 1 3 で地上に排出することができる。一方、掘削時の回転方向と逆方向の回転駆動においては、螺旋部 1 4 で碎石に圧力を印加すると共に、円筒部 1 2 が自動的に回転を停止することができる。以下、円筒部 1 2 と螺旋部 1 4 が同一方向に回転する方向、すなわち、掘削時の回転方向を「正転方向」といい、掘削時の回転方向と逆方向に回転する方向、すなわち、螺旋部 1 4 で碎石に圧力を印加する回転方向を「反転方向」ということがある。

【 0 0 2 6 】

碎石柱形成装置 1 0 0 は、さらに、アタッチメント 1 0 を位置決めするルーラ 7 1 及び

10

20

30

40

50

位置決め杭 7 2 を備えていることが好ましい。位置決め杭 7 2 はルーラ 7 1 に取り付けられており、ルーラ 7 1 は、包囲枠 3 0 に取り付けられている。位置決め杭 7 2 によって、アタッチメント 1 0 による掘削位置（すなわち、砕石柱 5 2 の形成位置）を簡便かつ確実に位置決めすることができる。なお、本実施例では、位置決め杭 7 2 を 1 本備えているが、このような構成に限定されない。例えば、位置決め杭 7 2 を 2 本以上備えていてもよい。位置決め杭 7 2 を 2 本以上備え、先に構築した砕石柱 5 2 の円周に沿って固定することで、位置決め精度を上げることができ、掘削時の振動によるアタッチメント 1 0 の位置ずれも防ぐことができる。

【 0 0 2 7 】

図 5 ~ 図 8 を参照して、砕石構造体 5 0 の製造方法について説明する。砕石構造体 5 0 は、砕石構造体 5 0 を構成する各砕石柱 5 2 を 1 本ずつ形成することによって構築される。本実施例では、最初に砕石柱 5 2 a を形成し、その後、砕石柱 5 2 b ~ 5 2 h を順に形成する。

【 0 0 2 8 】

図 5 に示すように、まず、第 1 掘削工程を実行する（S 1 2）。第 1 掘削工程では、砕石柱形成装置 1 0 0 を用いて地中を掘削し、砕石柱 5 2 a を形成するための第 1 空間 6 0 を形成する。第 1 掘削工程は、以下の手順で行われる。まず、アタッチメント 1 0 の位置合わせを行う。アタッチメント 1 0 の位置合わせは、クローラ 6 の駆動によって地盤改良機 4 0 の位置と方向とを調整することによって行われる。なお、地盤改良機 4 0 の位置と方向を調整した後、地盤改良機 4 0 は、アウトリガー 5 によって固定されてもよい。これにより、施工時における地盤改良機 4 0 の揺動や位置ずれを抑制することができる。地盤改良機 4 0 の固定後、駆動装置 1 1 を駆動させながらアタッチメント 1 0 を下降させる。駆動装置 1 1 は、円筒部 1 2 及び螺旋部 1 4 が正転方向に回転するように駆動する。したがって、アタッチメント 1 0 は、正転方向に回転しながら、アタッチメント 1 0 を地中に挿入して、地中を掘削する。地中の掘削によって排出される土砂は、円筒部 1 2 の外周に運ばれ、フィン 1 3 によって地表に排出される。図 6 に示すように、アタッチメント 1 0 が所定の深さまで到達すると、駆動装置 1 1 の正転回転の駆動を停止し、掘削を終了する。すると、地中に第 1 空間 6 0 が形成される。上記の説明から明らかなように、第 1 空間 6 0 は、掘削方向（z 方向）に伸びる円柱形状を有している。

【 0 0 2 9 】

次に、ステップ S 1 2 の第 1 掘削工程で形成された第 1 空間 6 0 に砕石柱 5 2 a を形成する砕石柱形成工程を実行する（S 1 4）。砕石柱形成工程は、以下の手順で行われる。まず、開閉蓋 2 0 を開いた状態で、砕石投入装置 3 2 に砕石を投入する。砕石投入装置 3 2 に投入された砕石は、砕石投入孔 1 5 を介して円筒部 1 2 内に投入される。次に、螺旋部 1 4 が反転方向に回転するように、駆動装置 1 1 を駆動させる。すると、アタッチメント 1 0 は、反転方向に回転しながら上昇すると共に、円筒部 1 2 内に投入された砕石を螺旋部 1 4 から押圧しながら排出する。したがって、アタッチメント 1 0 が第 1 空間 6 0 から押し出されると共に、第 1 空間 6 0 内に砕石柱 5 2 a が形成される。図 7 に示すように、アタッチメント 1 0 が地表まで押し出されると、駆動装置 1 1 の反転回転の駆動を停止する。すると、第 1 空間 6 0 内に砕石柱 5 2 a が形成される。上記の説明から明らかなように、砕石柱 5 2 a は、掘削方向（z 方向）に伸びる円柱形状を有している。

【 0 0 3 0 】

次に、第 2 掘削工程を実行する（S 1 6）。第 2 掘削工程では、砕石柱形成装置 1 0 0 を用いて地中及び砕石柱 5 2 a の一部を掘削し、若しくは砕石柱 5 2 a とほぼ接触する位置で地中を掘削し、砕石柱 5 2 b を形成するための第 2 空間 6 2 を形成する。上述したように、砕石柱形成装置 1 0 0 は、砕石柱形成工程（例えば、ステップ S 1 4）において、形成した空間を外周側に僅かに押し広げる。このため、砕石柱 5 2 a とほぼ接触する位置に第 2 空間 6 2 を形成することによって、砕石柱 5 2 a と接続する砕石柱 5 2 を形成するための空間を形成することができる。第 2 掘削工程は、以下の手順で行われる。まず、アタッチメント 1 0 の位置を移動させ、アタッチメント 1 0 の位置合わせを行う。図 2 に示

すように、碎石柱52bは、碎石柱52aの位置から、R2-L1(すなわち、碎石柱52bの径方向の寸法R2から、碎石柱52aと52bが重なる長さの寸法L1を引いた寸法)だけ+x方向に移動した位置に形成される。このため、アタッチメント10をR2-L1だけx方向に移動させる。なお、アタッチメント10の位置合わせの手順は、ステップS12と同様の手順であるため、詳細な説明は省略する。アタッチメント10の位置合わせをした後、螺旋部14が正転方向に回転するように駆動装置11を駆動させながら、アタッチメント10を下降させる。すると、アタッチメント10は、正転方向に回転しながら地中及び碎石柱52aの一部を掘削する。上述したように、碎石柱52aは、円筒部12内に投入された碎石を押圧して一体化しているだけである。このため、碎石柱52aを破壊することなく、アタッチメント10によって碎石柱52aの一部のみを掘削することができる。なお、掘削の手順についてもステップS12と同様であるため、詳細な説明は省略する。図8に示すように、アタッチメント10が所定の深さまで到達すると、地中に第2空間62が形成される。

【0031】

次に、ステップS16の第2掘削工程で形成された第2空間62に碎石柱52bを形成する碎石柱形成工程を実行する(S18)。なお、ステップS18の碎石柱形成工程の手順は、ステップS14の碎石柱形成工程と同様であるため、詳細な説明は省略する。第2空間62は、地中と碎石柱52aの一部を掘削することによって形成される。このため、第2空間62内に碎石柱52bを形成することによって、地中内に碎石柱52aと碎石柱52bとが接続した構造体が形成される。

【0032】

次に、碎石構造体50を構成する全ての碎石柱52が形成されたか否かを判断する(S20)。すなわち、碎石柱52a~52hが全て形成されたか否かを判断する。碎石柱52a~52hのうち、形成されていない碎石柱52がある場合(ステップS20でNOの場合)には、ステップS16に戻り、ステップS16とステップS18を繰り返す。すなわち、形成された碎石柱52の一部と当該碎石柱52に隣接する地中を掘削する。そして、掘削によって形成された空間に碎石柱52を形成する。例えば、碎石柱52aと碎石柱52bのみが形成されている状態であれば、碎石柱52bの+x方向の一部分と、碎石柱52bと+x方向に隣接する地中を掘削する。そして、掘削して形成された空間に碎石柱52cを形成する。このように、碎石構造体50を構成する全ての碎石柱52a~52hが形成されるまでステップS16とステップS18を繰り返す。そして、全ての碎石柱52a~52hが形成されると(ステップS20でYESの場合)、碎石構造体50の構築を終了する。なお、碎石柱52a~52hを形成する場合には上記に限らず、52a、52c、52eのように一本ずつ飛ばして碎石柱を形成したあと、その間に52b、52d等の碎石柱を形成してもよい。このような順で碎石構造体50を構築することによって、アタッチメント10に掛かる負荷を左右均一に近づけることができ、設定角度が安定した掘削性を得ることができる。

【0033】

本実施例では、碎石柱52の一部と当該碎石柱52に隣接する地中を掘削し、掘削によって形成された空間に碎石柱52を形成する。このため、隣接する碎石柱52を接続させることができる。このように複数の碎石柱52を形成することによって、複数の碎石柱52が連続した碎石構造体50を地中に構築することができる。

【0034】

なお、本実施例では、第2掘削工程において、碎石柱52a~52hが直線状に配置されるように碎石柱52b~52hを形成しているが、このような構成に限定されない。先に形成された碎石柱52と接続するように後に形成される碎石柱52を形成すればよく、後に形成される碎石柱52は、先に形成された碎石柱52に対していずれの方向に隣接させてもよい。例えば、図9に示すように、碎石構造体150では、碎石柱52iは5本の碎石柱52j~52nと接続している。このように、碎石構造体150は、1本の碎石柱52が3本以上の複数の碎石柱52と接続するように構成されていてもよい。また、碎石

構造体 150 は、3本の碎石柱 52 i ~ 52 k が重複する部分 53 を備えている。このように、碎石構造体 150 は、3本以上の複数の碎石柱 52 が重なる重複部分 53 を備えていてもよい。このように構築することで、碎石構造体 150 の強度をさらに上げることができる。このように、複数の碎石柱 52 を組み合わせることによって、地中に所望の形状の碎石構造体を構築することができる。

【0035】

また、本実施例では、碎石構造体 50 を構成する碎石柱 52 は、地表付近まで達するように形成されるが、このような構成に限定されない。例えば、碎石構造体は、地表付近まで達することなく、地中に埋設されていてもよい。このような碎石構造体は、碎石柱形成装置 100 で碎石柱を形成する際に、掘削した空間の途中まで碎石柱を形成し、途中から碎石柱を形成することなくアタッチメント 10 を地中から取り出すことによって構築することができる。掘削された空間のうち、碎石柱を形成しない部分については、例えば、掘削時に排出された土砂を再び投入すればよい。

【0036】

また、本実施例で用いる碎石柱形成装置 100 では、円筒部 12 にフィン 13 が設けられているが、このような構成に限定されない。例えば、フィン 13 が設けられた円筒部 12 を有するアタッチメント 10 (以下、排土型アタッチメント 10 ともいう) と、掘削による土砂を殆ど地表に排出しない構成である、フィンが設けられていない円筒部を有するアタッチメント (以下、非排土型アタッチメントともいう) の両方を用いて碎石構造体を構築してもよい。

【0037】

この場合には、まず、非排土型アタッチメントを用いて、碎石構造体 50 を構成する複数の碎石柱 52 から選択した一部の碎石柱 52 (具体的には、地中内で独立して存在する碎石柱 52 (既に形成された他の碎石柱 52 と隣接しない碎石柱 52)) を形成する。その後、排土型アタッチメント 10 を用いて残りの碎石柱 52 を形成する。例えば、図 1 の碎石構造体 50 では、まず、碎石柱 52 a、52 c、52 e、52 g を、非排土型アタッチメントを用いて形成する。その後、残りの碎石柱 52 b、52 d、52 f、52 h を、排土型アタッチメント 10 を用いて形成する。非排土型アタッチメントを用いると、掘削によって形成された空間の周囲に不要な土砂が圧縮して押し固められる。上記のような順で、非排土型アタッチメントと排土型アタッチメント 10 を組み合わせて用いることによって、非排土型アタッチメントを用いても、連続した碎石構造体 50 を好適に構築することができる。このように、非排土型アタッチメントを用いると、排出される土砂の量を減少させることができる。これまで述べてきた碎石柱 52 の径の重複を大きく設ける場合には、排土型アタッチメント 10 を上記した様に利用することが望ましい。また、排土型アタッチメント 10 で掘削する際に両側に碎石柱 52 が接することになり、掘削負荷が均一となる点でも好ましい。ここで全ての碎石柱 52 を、非排土型アタッチメントを用いて形成することも可能であるが、地盤を圧縮する関係で掘削抵抗が大きくなり困難な場合が生じ得る。なお、各碎石柱 52 の直径は通常、非排土型アタッチメントを用いた場合には約 25 ~ 45 cm であり、排土型アタッチメント 10 を用いた場合には約 30 ~ 50 cm であるが、このような構成に限定されない。また、碎石柱 52 の深さ方向の長さは、非排土型アタッチメント又は排土型アタッチメント 10 の高さ方向 (z 方向) の寸法や掘削する深さによって決まり、約 4 ~ 6 m であるが、このような構成に限定されない。例えば、碎石柱形成装置の大きさや駆動能力を変更することによって、上記の寸法より更に大きな碎石柱を形成することもできる。

【0038】

また、本実施例の構築方法を用いて構築された碎石構造体 50 は、碎石によって形成されているため、碎石構造体 50 内では、碎石と碎石の間に隙間が生じる。このため、本実施例の構築方法を用いて構築された碎石構造体 50 は、地中を流れる地下水等の水を貯留することができる。以下に、本実施例の構築方法を用いて構築された碎石構造体 250 を傾斜面等の地盤崩壊を防止するために用いる例について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 9 】

図 1 0 に示すように、傾斜面の地盤崩壊を防止するために、地中に砕石構造体 2 5 0 と、排水管 5 4 を配置する。砕石構造体 2 5 0 は、地滑り等の地盤崩壊が発生する虞のある傾斜面より高い位置（図 1 0 では傾斜面の + y 方向）に構築される。砕石構造体 2 5 0 は、砕石柱 5 2 を x 方向に連続して形成した壁状の構造体であり、砕石構造体 2 5 0 を構成する砕石柱 5 2 の数は、地盤崩壊を防止する傾斜面の長さに合わせて変更可能である。したがって、砕石構造体 2 5 0 を構成する砕石柱 5 2 の数は、上述の砕石構造体 5 0（図 1 参照）を構成する砕石柱 5 2 の数（すなわち、8 本）と異なっており、多くの場合、砕石構造体 5 0 を構成する砕石柱 5 2 の数より多くされる。なお、砕石構造体 2 5 0 と上述の砕石構造体 5 0 は、構成する砕石柱 5 2 の数が異なる点のみが異なっており、砕石構造体 2 5 0 のその他の構成は砕石構造体 5 0 と同一である。このため、砕石構造体 2 5 0 の構成の詳細や、砕石構造体 2 5 0 の構築方法についての詳細な説明は省略する。透水性を有する砕石構造体 2 5 0 を傾斜面に沿って構築することによって、傾斜面上流側（+ y 方向）の土壤に含まれる水を適度に排出することができる。そのため適度な透水性を有する砕石構造体は、従来工法に比べて地盤崩壊の防止効果、保全効果が格段に向上するものである。

【 0 0 4 0 】

また、排水管 5 4 は、砕石構造体 2 5 0 に接続されている。排水管 5 4 の一端は砕石構造体 2 5 0 に接続されており、排水管 5 4 の他端は地表に配置されている。図 1 0 では、排水管 5 4 は、原則 y 方向と反対方向に排水可能な勾配を有して延びている。砕石構造体 2 5 0 が排水管 5 4 に接続されていることによって、砕石構造体 2 5 0 内の水を地表に排出することができる。排水管 5 4 の位置は、砕石構造体 2 5 0 の底部 0 c m 以上かつ 5 0 c m 未満に配置することは好ましく、また、排水管 5 4 は、砕石構造体 2 5 0 の x 方向に一定の間隔で複数設ける事が望ましい。また、底部以外にも排水管 5 4 よりも地表側に更に追加して排水管（図示省略）を設ける事もゲリラ豪雨と称されるような大雨などの対策として有効である。排水管を設けることによって、砕石構造体 2 5 0 の上部側（+ y 方向）の土壤内の水位を下げる事ができ、土壤の強度を高めることができる。また、砕石構造体 2 5 0 にスタンドパイプ 5 6 を設置してもよい。スタンドパイプ 5 6 は、その一端が砕石構造体 2 5 0 を構成する砕石柱 5 2 の上面から当該砕石柱 5 2 内に配置されており、他端が砕石構造体 2 5 0 の上方の地表に配置されている。砕石構造体 2 5 0 に設置されるスタンドパイプ 5 6 の数は特に限定されるものではなく、例えば、スタンドパイプ 5 6 は、砕石構造体 2 5 0 を構成する複数の砕石柱 5 2 に対して数本毎に設置されてもよい。スタンドパイプ 5 6 及び砕石構造体 2 5 0 によって地下水を大気圧で押さえ、土壤内の水位を低下させることができる。したがって、上記した様に地下水位を常時一定以下に保つことで、地滑り等の地盤崩壊を抑制することができる。なお、本実施例の砕石構造体 2 5 0 は、傾斜面より高い位置に位置しているが、このような構成に限定されない。例えば、砕石構造体 2 5 0 は、傾斜面の途中に位置していてもよい。また、本実施例ではスタンドパイプ 5 6 が設置されているが、スタンドパイプ 5 6 は設置されていなくてもよい。

【 0 0 4 1 】

なお、本実施例の砕石構造体 5 0、1 5 0、2 5 0 は、砕石構造体 5 0、1 5 0、2 5 0 を構成する複数の砕石柱 5 2 が全て同一方向（z 方向に平行）に配置されているが、このような構成に限定されない。砕石構造体を構成する複数の砕石柱は、互いに異なる方向に配置されていてもよく、例えば、図 1 1 に示すように、砕石構造体 3 5 0 は、z 方向に平行な砕石柱 1 5 2 a ~ 1 5 2 d と、z 方向に斜めに傾いて配置される（図 1 1 では、- y 方向に傾いている）砕石柱 1 5 3 a ~ 1 5 3 d とが接続されていてもよい。砕石構造体 3 5 0 は、砕石柱 1 5 2 a ~ 1 5 2 d と砕石柱 1 5 3 a ~ 1 5 3 d が地表付近では完全に離れ、地中では重なっている構造である。このような構成は、砕石柱 1 5 2 a ~ 1 5 2 d を鉛直方向に形成し、砕石柱 1 5 3 a ~ 1 5 3 d を僅かに傾けて形成することによって構築する。このような構成にすることで、砕石柱 1 5 2 a ~ 1 5 2 d と砕石柱 1 5 3 a ~ 1 5 3 d の間に空間が作られるため、例えば、地上排水路などを構築しつつ、排水路の周囲

を碎石柱 1 5 2 a ~ 1 5 2 d 及び碎石柱 1 5 3 a ~ 1 5 3 d で保護する事ができる。なお、碎石構造体 3 5 0 は、碎石柱 1 5 2 a ~ 1 5 2 d が z 方向に平行に配置され、碎石柱 1 5 3 a ~ 1 5 3 d が z 方向に斜めに傾いて配置されているが、碎石構造体を構成する複数の碎石柱が互いに接続していればよく、例えば、碎石柱 1 5 2 a ~ 1 5 2 d を z 方向に斜めに傾けて形成すると共に、碎石柱 1 5 3 a ~ 1 5 3 d を z 方向に斜めに傾けて形成してもよい。また、複数の碎石柱を互いに異なる方向に配置する場合には、碎石柱が接続する部分の x y 断面において、接続する 2 つの碎石柱の重複部分が 5 0 % を超えていてもよい。

【 0 0 4 2 】

また、地下水が浸透する地層では、碎石構造体を構成する碎石の碎石粒を以下のようにすることも有効である。例えば、碎石構造体の下部（すなわち、地表から遠い部分）には直径が約 3 c m 程度の比較的小さい碎石を投入し、碎石構造体の上部（すなわち、地表に近い部分）には直径が約 5 c m 程度の比較的大きい碎石を投入することができる。また、本実施例の碎石構造体は連続しているため、碎石構造体を地下水路として用いることもできる。この場合には、上述の碎石構造体 5 0、2 5 0 のように、碎石構造体を直線状に連続して構築する。このとき、碎石構造体の下部には、上部より粒径の大きい碎石を投入する。すると、碎石構造体の下部において、碎石間の空間を通して地下水路を構築することができる。このため、地中に構築する碎石構造体の碎石の粒径を深さ方向の寸法で調整することによって、所望の地中深さに地下水路を構築することもできる。また、比較的大きな碎石に砂利等の粒径の小さい碎石を混合することもできる。さらに、碎石柱毎に粒径の異なる碎石を投入してもよい。このように、本実施例の碎石構造体は、碎石構造体を構成する碎石の粒径を、1 つの碎石構造体内において部分毎に変更することができる。このため、碎石構造体を構築する地形や地盤、又はその土壤の降水時の排水状況の統計値等に合わせて碎石の粒径を調整してもよい。このように、透水性や強度を土壤の特徴に合わせて最適化することができる。

【 0 0 4 3 】

本実施例の製造方法を用いて製造された碎石構造体は、碎石によって構築されているため、一定の貯水性及び高い透水性を備えることができる。地中に透水性のコンクリートを用いて構造体を形成した場合にも、当該構造体（以下、透水性コンクリート構造体ともいう）内に水が貯留される。しかしながら、透水性コンクリート構造体は通常のコンクリート構造体と比較すると透水性が高い一方、本実施例の碎石構造体と比較すると、当該構造体内に生じる隙間が小さく、透水性が低い。本実施例の碎石構造体は、碎石によって形成されているため、一定の貯水性を有し、透水性を高くすることができるため地下水の水位を低くできる。また、本実施例の碎石構造体 5 0 は、上記の製造方法を用いることによって、施工に手間や時間をかけることなく製造することができる。上記の透水性コンクリート構造体は、構造体内の隙間に土砂等が侵入することによって透水性が低下しても、同一箇所に再施工することが困難である。本実施例の碎石構造体 5 0 は、上記の製造方法を用いることによって、同一箇所に再施工することができる。このため、貯水性及び透水性が低下しても、同一箇所に再施工を容易に行うことができ、長期間に亘り貯水性及び透水性を良好な状態で確保することができる。

【 0 0 4 4 】

以上、本明細書に開示の技術の具体例を詳細に説明したが、これらは例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではない。特許請求の範囲に記載の技術には、以上に例示した具体例を様々に変形、変更したものが含まれる。また、本明細書または図面に説明した技術要素は、単独であるいは各種の組合せによって技術的有用性を発揮するものであり、出願時請求項記載の組合せに限定されるものではない。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

1 0 : アタッチメント

1 1 : 駆動装置

10

20

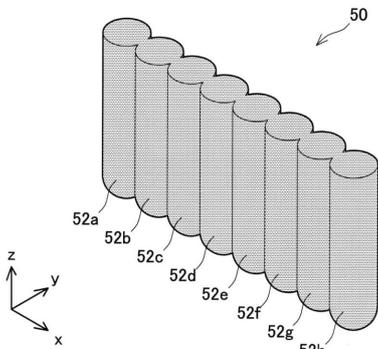
30

40

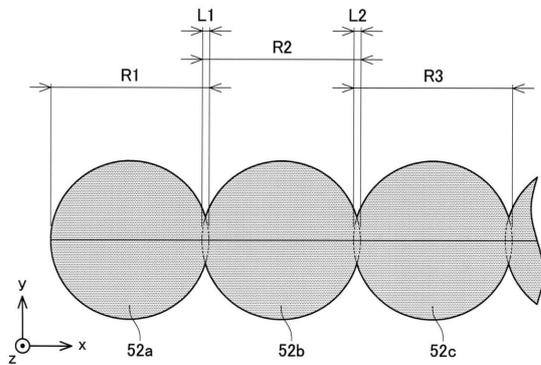
50

- 1 2 : 円筒部
- 1 3 : フィン
- 1 4 : 螺旋部
- 1 5 : 碎石投入孔
- 2 0 : 開閉蓋
- 3 2 : 碎石投入装置
- 4 0 : 地盤改良機
- 5 0、1 5 0、2 5 0 : 碎石構造体
- 5 2 : 碎石柱
- 5 4 : 排水管
- 6 0 : 第 1 空間
- 6 2 : 第 2 空間
- 1 0 0 : 碎石杭形成装置

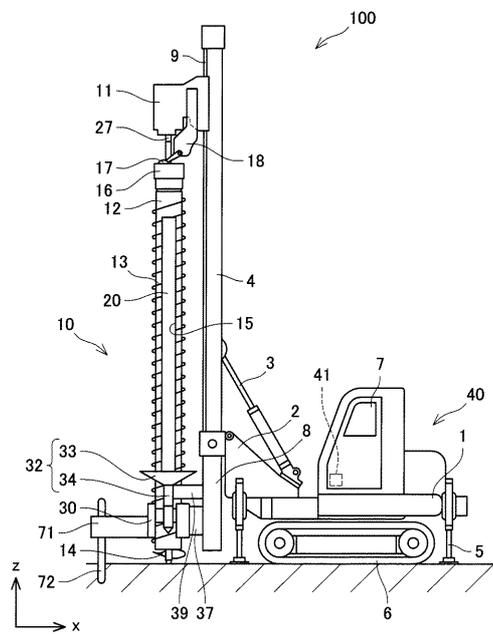
【 図 1 】



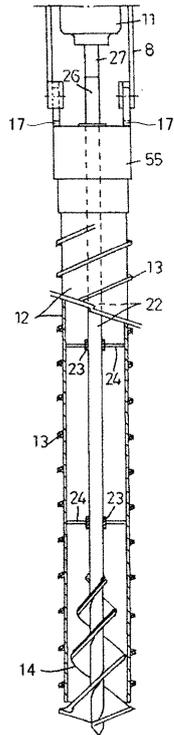
【 図 2 】



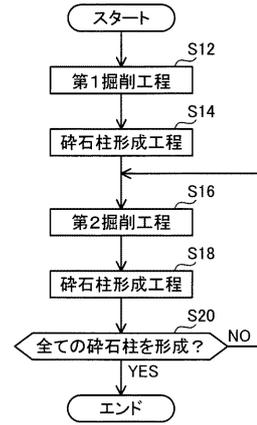
【 図 3 】



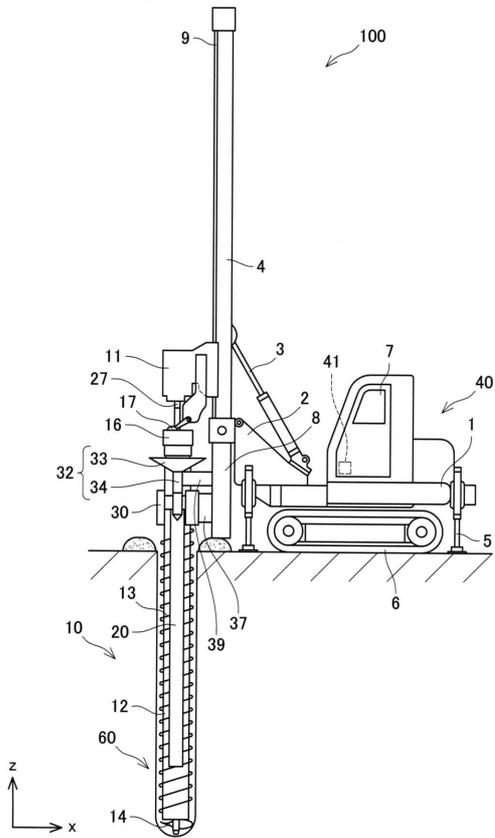
【 図 4 】



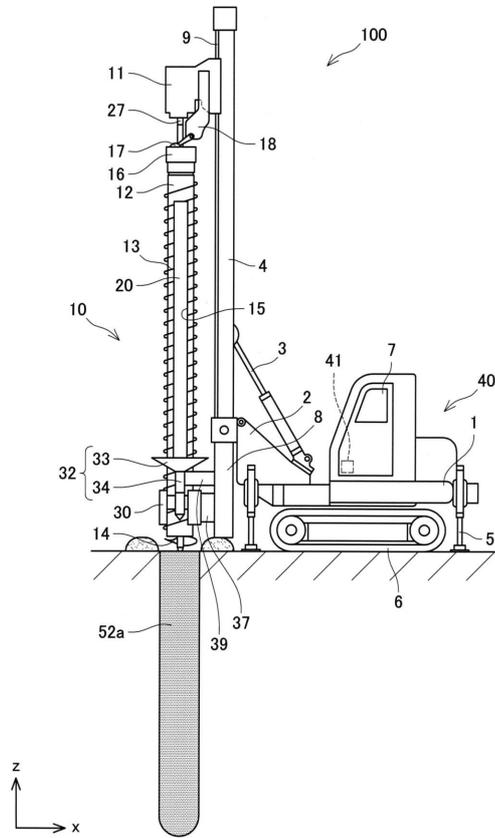
【 図 5 】



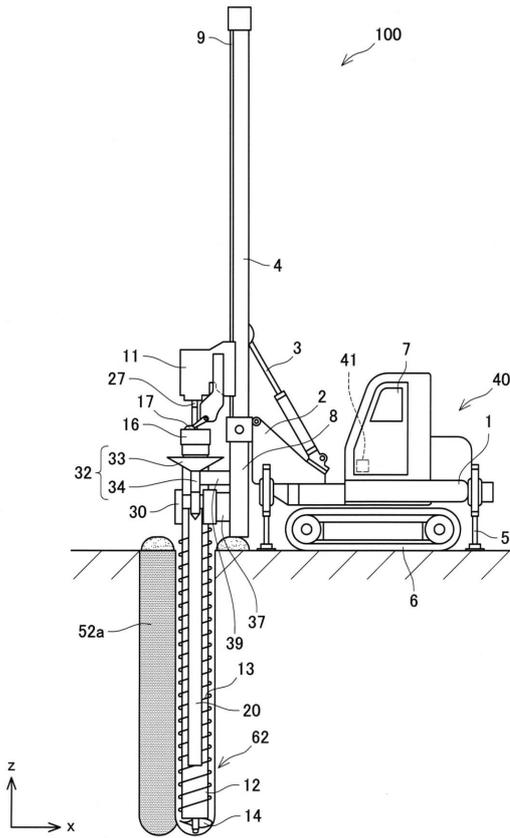
【 図 6 】



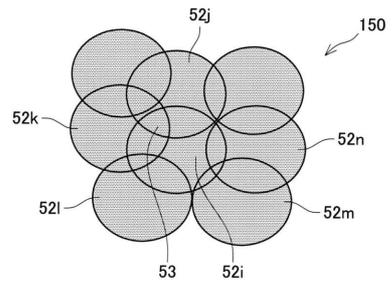
【 図 7 】



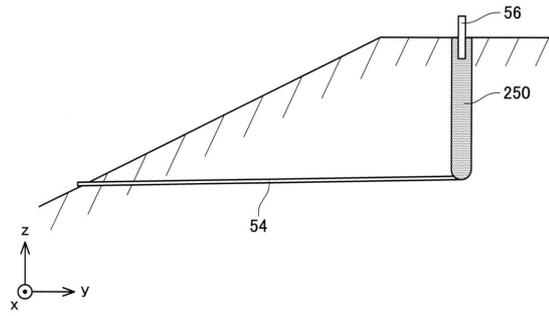
【 図 8 】



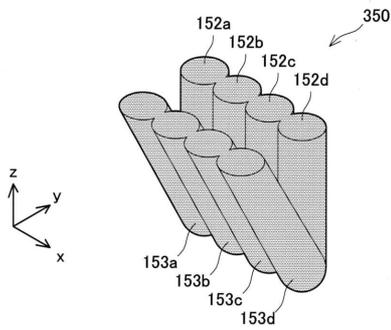
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(73)特許権者 507194017

株式会社高速道路総合技術研究所

東京都町田市忠生一丁目4番地1

(74)代理人 110000110

特許業務法人快友国際特許事務所

(72)発明者 尾鍋 哲也

三重県松阪市飯高町宮前3 2 1番地の4 株式会社尾鍋組内

(72)発明者 酒井 俊典

三重県津市栗真町屋町1 5 7 7 国立大学法人三重大学大学院生物資源学研究所内

(72)発明者 藤岡 一頼

東京都町田市忠生一丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内

(72)発明者 藤原 優

東京都町田市忠生一丁目4番地1 株式会社高速道路総合技術研究所内

審査官 松本 泰典

(56)参考文献 特開昭6 2 - 2 3 3 3 2 6 (J P , A)

特開2 0 1 0 - 2 4 8 8 8 5 (J P , A)

特開2 0 1 3 - 1 0 4 2 1 5 (J P , A)

特開平0 9 - 1 9 5 2 5 8 (J P , A)

特開2 0 1 2 - 2 3 7 1 4 1 (J P , A)

特開昭5 6 - 1 5 6 3 1 3 (J P , A)

特開平0 1 - 0 9 0 3 1 1 (J P , A)

特開2 0 0 4 - 1 8 3 3 1 0 (J P , A)

特開2 0 0 2 - 1 0 5 9 4 2 (J P , A)

米国特許出願公開第2 0 1 7 / 0 0 1 6 2 0 0 (U S , A 1)

中国特許出願公開第1 0 4 7 1 1 9 6 7 (C N , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

E 0 2 D 3 / 0 8