

(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2005-291818

(P2005-291818A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷GO1B 7/00
EO2D 33/00
GO1V 3/08

F 1

GO1B 7/00
EO2D 33/00
GO1V 3/08J
B

テーマコード(参考)

2FO63
2GO05

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号
(22) 出願日特願2004-104901 (P2004-104901)
平成16年3月31日 (2004.3.31)(71) 出願人 000173784
財団法人鉄道総合技術研究所
東京都国分寺市光町2丁目8番地38
(74) 代理人 100097113
弁理士 堀 城之
(72) 発明者 西岡 英俊
東京都国分寺市光町2丁目8番地38
財団法人鉄道総合技術研究所内
(72) 発明者 上條 弘貴
東京都国分寺市光町2丁目8番地38
財団法人鉄道総合技術研究所内

最終頁に続く

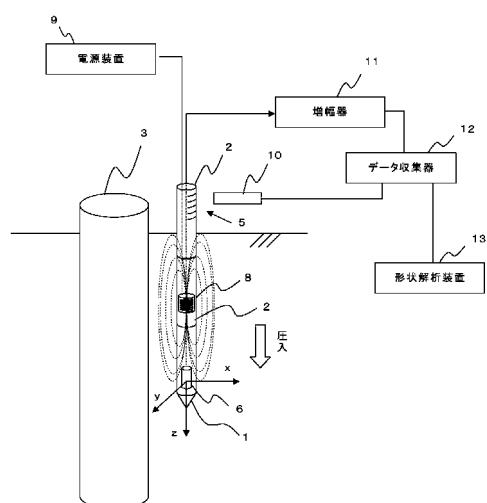
(54) 【発明の名称】磁気探査に用いる貫入具および磁気探査方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、探査孔を掘削することなく磁気探査を行うことができ、作業効率を向上させることができると共に、場所打ち杭等のように鉄筋量が少ない杭や、フーチングによって基礎杭から離れたところを探査しなければならない場合にも、地磁気に影響されることなく高い検知精度で杭長を特定することができる磁気探査に用いる貫入具および磁気探査方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 褐入先端ロッド1もしくは継ぎロッド2の中空部に取り付けられた磁場発生装置8によって、基礎杭3を磁化させ、褐入先端ロッド1もしくは継ぎロッド2の中空部に取り付けられた3次元磁気センサ6によって少なくとも探査軸方向の磁場の強さを測定するように構成し、褐入先端ロッド1および継ぎロッド2を圧入しながら探査軸方向の異なる箇所、すなわち深さ毎の磁場の強さを探査データとして測定する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

鋼材を含む測定対象物の近傍の磁場の強さを測定して、前記測定対象物の先端位置を非接触で検出する磁気探査に用いる貫入具であって、

非磁性体で構成され、突状の先端部が形成された筒状体である貫入先端ロッドと、

該貫入先端ロッドに継ぎ足される非磁性体で構成された筒状体である継ぎロッドと、

前記貫入先端ロッドもしくは前記継ぎロッドの中空部に取り付けられ、磁場の強さを測定可能な磁気センサと、

前記貫入先端ロッドもしくは前記継ぎロッドの中空部に取り付けられ、前記測定対象物を磁化させる磁場を発生させる磁場発生手段とを具備することを特徴とする磁気探査に用いる貫入具。
10

【請求項 2】

前記磁場発生手段は、探査軸方向に磁場を発生させるように前記貫入先端ロッドもしくは前記継ぎロッドの中空部に取り付けられていることを特徴とする請求項 1 記載の磁気探査に用いる貫入具。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の磁気探査に用いる貫入具を用いて磁気探査を行う磁気探査方法であって、

前記磁場発生手段によって発生された磁場によって前記測定対象物を磁化させた状態で、前記磁気センサによって磁場の強さを測定することを特徴とする磁気探査方法。
20

【請求項 4】

請求項 1 又は 2 記載の磁気探査に用いる貫入具を用いて磁気探査を行う磁気探査方法であって、

前記磁場発生手段によって発生された磁場によって前記測定対象物を一旦磁化させて前記測定対象物が有する残留磁気の磁極の方向を揃えた後に、前記磁気センサによって磁場の強さを測定することを特徴とする磁気探査方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、磁気探査に用いる貫入具および磁気探査方法に関し、特に基礎杭等の地中に埋設された杭の先端位置を検出する磁気探査に用いる貫入具および磁気探査方法に関する。
30

【背景技術】**【0002】**

施行年度の古い構造物の耐震性判定のためや、老朽化した構造物の更新のためには、基礎杭の杭長を確認しておく必要があるが、図面等が存在しない場合には、基礎杭の杭長を調査しなければならない。

【0003】

従来、基礎杭の杭長を調査には、両コイル型磁気傾度計を用いた磁気探査方法が行われている。磁気探査方法は、基礎杭の残留磁気や地球磁場による感応磁気を測定することによって杭長を特定するもので、ロータリーボーリング等によって測定対象の基礎杭の近傍に探査孔を掘削し、当該探査孔に両コイル型磁気傾度計を挿入して一定速度で移動させることによって磁気傾度、すなわち磁場の強さの変化率を測定し、杭長を特定する（例えば、非特許文献 1 参照）。

【0004】

しかしながら、従来の磁気探査方法では、ロータリーボーリング等によって所定深さの探査孔を掘削する必要があり、大掛かりな機械を必要とすると共に、磁気探査後に探査孔を埋め戻す必要があるため、作業が煩雑になってしまうという問題点があった。また、砂層等の緩い地層に探査孔を掘削する場合には、孔壁の崩落を防ぐために非磁性ガイド管を

10

20

30

40

50

隨時挿入する必要があり、作業効率が低下してしまうという問題点があった。

【0005】

さらに、従来の磁気探査方法では、H型鋼杭等の比較的鋼材量が多く、残留磁気量が大きい対象物に対しては実績が得られているものの、場所打ち杭等のように鉄筋量が少ない杭や、フーチングによって基礎杭から離れたところで探査しなければならない場合には、地磁気の影響で高い検知精度が期待できないという問題点があった。

【非特許文献1】「磁気探査を用いた橋梁基礎の形状調査法マニュアル」建設省土木研究所、平成11年3月

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は斯かる問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、探査孔を掘削することなく磁気探査を行うことができ、作業効率を向上させることができると共に、場所打ち杭等のように鉄筋量が少ない杭や、フーチングによって基礎杭から離れたところを探査しなければならない場合にも、地磁気に影響されることなく高い検知精度で杭長を特定することができる磁気探査に用いる貫入具および磁気探査方法を提供する点にある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は上記課題を解決すべく、以下に掲げる構成とした。

請求項1記載の発明の要旨は、鋼材を含む測定対象物の近傍の磁場の強さを測定して、前記測定対象物の先端位置を非接触で検出する磁気探査に用いる貫入具であって、非磁性体で構成され、突状の先端部が形成された筒状体である貫入先端ロッドと、該貫入先端ロッドに継ぎ足される非磁性体で構成された筒状体である継ぎロッドと、前記貫入先端ロッドもしくは前記継ぎロッドの中空部に取り付けられ、磁場の強さを測定可能な磁気センサと、前記貫入先端ロッドもしくは前記継ぎロッドの中空部に取り付けられ、前記測定対象物を磁化させる磁場を発生させる磁場発生手段とを具備することを特徴とする磁気探査に用いる貫入具に存する。

また請求項2記載の発明の要旨は、前記磁場発生手段は、探査軸方向に磁場を発生せるように前記貫入先端ロッドもしくは前記継ぎロッドの中空部に取り付けられていることを特徴とする請求項1記載の磁気探査に用いる貫入具に存する。

また請求項3記載の発明の要旨は、請求項1又は2記載の磁気探査に用いる貫入具を用いて磁気探査を行う磁気探査方法であって、前記磁場発生手段によって発生された磁場によって前記測定対象物を磁化させた状態で、前記磁気センサによって磁場の強さを測定することを特徴とする磁気探査方法に存する。

また請求項4記載の発明の要旨は、請求項1又は2記載の磁気探査に用いる貫入具を用いて磁気探査を行う磁気探査方法であって、前記磁場発生手段によって発生された磁場によって前記測定対象物を一旦磁化させて前記測定対象物が有する残留磁気の磁極の方向を揃えた後に、前記磁気センサによって磁場の強さを測定することを特徴とする磁気探査方法に存する。

【発明の効果】

【0008】

本発明の磁気探査に用いる貫入具および磁気探査方法は、貫入先端ロッドもしくは継ぎロッドの中空部に取り付けられた磁場発生手段によって、測定対象物を磁化させ、貫入先端ロッドもしくは継ぎロッドの中空部に取り付けられた磁気センサによって少なくとも探査軸方向の磁場の強さを測定するように構成することにより、貫入先端ロッドおよび継ぎロッドを圧入するだけで、貫入先端ロッドもしくは継ぎロッドの中空部に取り付けられた磁気センサによって磁場の強さを測定できるため、探査孔を掘削することなく磁気探査を行うことができ、作業効率を向上させることができると共に、測定対象物を磁化させて測定対象物からの磁場を強くすることができるため、場所打ち杭等のように鉄筋量が少ない

10

20

30

40

50

杭や、フーチングによって測定対象物から離れたところで探査しなければならない場合にも、地磁気に影響されることなく測定対象物からの磁場の強さを測定することができ、高い検知精度で杭長を特定することができるという効果を奏する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0010】

図1は、本発明に係る磁気探査に用いる貫入具の実施の形態の貫入先端ロッドの構成を示す図であり、(a)は、側面図であり、(b)は、縦断面図である。図2は、本発明に係る磁気探査に用いる貫入具の実施の形態の継ぎロッドの構成を示す図であり、(a)は、側面図であり、(b)は、縦断面図である。図3は、中空部分に磁場発生装置が取り付けられている図2に示す継ぎロッドの構成を示す図であり、図4は、本発明に係る磁気探査方法の実施の形態で使用する機器構成を示す図であり、図5は、図4に示す形状解析装置の構成を示すブロック図であり、図6は、図4に示す水平磁場算出部における水平磁場の算出方法を説明するための図であり、図7は、図4に示す探査結果算出部において算出された探査結果を説明するための図である。

である。

【0011】

本実施の形態では、探査孔を掘削する替わりに、図1に示す貫入先端ロッド1と、図2および図3に示す継ぎロッド2とからなる貫入具を、図4に示すように、測定対象物である基礎杭3の近傍に圧入させることによって磁気探査を行う。なお、測定対象の基礎杭3としては、杭(鋼杭、場所打ち杭)の他、ケーソン(鋼製、鉄筋コンクリート製)、井筒(鉄筋コンクリート製)、フーチング(鉄筋コンクリート製)、鋼矢板、埋設管(钢管、鉄筋コンクリート製)が考えられる。

【0012】

貫入先端ロッド1は、図1を参照すると、ステンレス鋼製、アルミ合金製等の非磁性体で構成され、突状の先端部が形成されている筒状体であり、後端部には、継ぎロッド2を継ぎ足すための雌ネジ4が形成されている。また、外周には、目盛り5が軸方向に等間隔に設けられている。なお、本実施の形態で使用する貫入先端ロッド1の先端角は、60°とし、底面積は、10cm²程度とする。

【0013】

貫入先端ロッド1の中空部分には、互いに直交する向き(x軸、y軸、z軸)の磁場の強さを測定可能な3次元磁気センサ6が、z軸が貫入先端ロッド1の軸方向と一致するように取り付けられている(以下、貫入先端ロッド1の軸方向を探査軸方向と称す)。3次元磁気センサ6は、例えば互いに直交する向きに配置された3つのホール素子からなるもので、静止状態で互いに直交する向きの磁場の強さを測定することが可能な構成となっている。なお、ホール素子の替わりにフラックスゲート型センサやSQUID型センサ等を用いることもできる。

【0014】

継ぎロッド2は、図2を参照すると、ステンレス鋼製、アルミ合金製等の非磁性体で構成された筒状体であり、先端部には、貫入先端ロッド1および前段の継ぎロッド2の後端部と螺合する雄ネジ7が形成されており、後端部には、後段の継ぎロッド2を継ぎ足すための雌ネジ4が形成されている。また、外周には、目盛り5が軸方向に等間隔に設けられている。

【0015】

継ぎロッド2は、複数個用意され、継ぎ足して使用するものであるが、複数個の継ぎロッド2の内のいずれかには、図3に示すように、中空部分に、基礎杭3を磁化させるためのコイル等からなる磁場発生装置8が、発生させる磁場の向きが貫入先端ロッド1の軸方向と一致するように取り付けられている。なお、本明細書において、「磁場の向き」とは、磁場を発生させている磁石等の磁場発生源のN極とS極とを結ぶ線の向きのことを示す

10

20

30

40

50

。

【0016】

磁気探査に際して、図4に示すように、貫入先端ロッド1に磁場発生装置8が取り付けられている継ぎロッド2を繋ぎ、測定対象物である基礎杭3の近傍に継ぎロッド2を継ぎ足しながら鉛直に圧入していく。なお、貫入先端ロッド1および継ぎロッド2の圧入には、パイプ(細径鋼管等)を貫入する既存の圧入機を使用することができる。また、貫入先端ロッド1に設けられた3次元磁気センサ6からの出力ケーブルと、継ぎロッド2に設けられた磁場発生装置8に電流を供給する電源ラインとは、継ぎ足す継ぎロッド2を貫通させる必要があるため、コネクタ等で一端切り離すことができるようになっている。

【0017】

磁場発生装置8と3次元磁気センサ6との距離は、3次元磁気センサ6によって磁場を測定するに際し、磁化された基礎杭3からの磁場が磁場発生装置8で発生させた磁場に埋もれてしまわないように、基礎杭3と貫入先端ロッド1(3次元磁気センサ6)との距離の少なくとも2倍以上に設定する。貫入先端ロッド1に磁場発生装置8が取り付けられている継ぎロッド2を繋いだだけでは、磁場発生装置8と3次元磁気センサ6との距離が基礎杭3と貫入先端ロッド1(3次元磁気センサ6)との距離の2倍以上にならない場合には、貫入先端ロッド1と、磁場発生装置8が取り付けられている継ぎロッド2との間に、磁場発生装置8が取り付けられていない継ぎロッド2を繋ぐようにすれば良い。

【0018】

また、磁場発生装置8によって発生させる磁場の強さは、3次元磁気センサ6によって磁場を測定するに際し、地磁気の影響を無視できる程度に設定される。すなわち、日本付近の地磁気の強さは、50,000(nT)程度であり、3次元磁気センサ6によって測定される磁場の強さが0.2(mT)=200,000(nT)以上になるように磁場発生装置8によって発生させる磁場の強さを設定し、地磁気の影響を減少させる。

【0019】

磁場発生装置8には、図4に示すように、電源ラインを介して電源装置9から電流が供給されるが、電源装置9から磁場発生装置8に供給する電源としては、直流電流を供給する直流電源と、交流電流を供給する交流電源とを使用することができる。電源装置9として直流電源を使用した場合には、一定の直流電流を磁場発生装置8に供給して一定の強さの磁場を発生させた状態で、貫入先端ロッド1および継ぎロッド2の圧入に伴い磁場発生装置8を探査軸方向に移動させる。また、電源装置9として交流電源を使用した場合には、磁場発生装置8によって発生される磁場の強さが周期的に変動すると共に、磁場の向きが周期的に反転することになるが、周期性が存在するため、測定結果を信号処理することによって所望の磁場を測定することができる。

【0020】

貫入先端ロッド1および継ぎロッド2の外周に設けられた目盛り5を検出するための目盛り検出センサ10を設置し、貫入先端ロッド1および継ぎロッド2の圧入に並行して、目盛り検出センサ10による目盛り検出タイミングでx軸方向、y軸方向、z軸方向の磁場の強さをそれぞれ測定していく。すなわち、3次元磁気センサ6からの出力は、増幅器11で増幅され、目盛り検出センサ10による目盛り検出タイミングでデータ収集器12に入力される。従って、データ収集器12には、深さ(目盛り5)毎のx軸方向、y軸方向およびz軸方向の磁場の強さが探査データとして収集されることになる。

【0021】

データ収集器12に収集された探査データは、形状解析装置13によって解析され、形状解析装置13は、図5を参照すると、データ収集器12からの探査データが入力される探査データ入力部14と、水平磁場算出部15と、探査結果算出部16と、データ出力部17とからなる。

【0022】

探査データ入力部14には、データ収集器12から探査データとして深さ毎のx軸方向の磁場の強さB_xと、y軸方向の磁場の強さB_yと、z軸方向の磁場の強さB_zとが入力

10

20

30

40

50

される。

【0023】

水平磁場算出部15は、以下に示す数式1によって水平成分の磁場の強さ B_H を算出する。すなわち、図6に示すように、3次元磁気センサ6が回転してx軸およびy軸が変化しても、x軸方向の磁場の強さ B_x と、y軸方向の磁場の強さ B_y とから正確な水平成分の磁場の強さ B_H を算出する。

【0024】

【数1】

$$B_H = \sqrt{B_X^2 + B_Y^2} \dots \text{数式1}$$

10

【0025】

探査結果算出部16は、水平成分の磁場の強さ B_H と、鉛直方向(z軸方向)の磁場の強さ B_z とから $\tan = B_H / B_z$ を算出する。

このようにして深さ毎の $\tan = B_H / B_z$ を算出してプリンタ等のデータ出力部17にグラフや表として出力する。

【0026】

磁化された基礎杭3を磁石してみなすと、基礎杭3からは、図7に示すような磁力線がでていることになり、 $\tan = B_H / B_z$ を算出して水平成分の磁場の強さ B_H と鉛直方向の磁場の強さ B_z との比として捉えることにより、磁力線の角度の変化を検出できるため、データ出力部17から出力されるグラフや表には、基礎杭3の先端位置を中心とした明らかな変動が確認でき、基礎杭3の杭長を検出することが可能になる。

20

【0027】

なお、本実施の形態では、3次元磁気センサ6によってx軸方向、y軸方向およびz軸方向の磁場の強さを測定するようにしたが、z軸方向の磁場の強さのみを測定する磁気センサを用いても良い。磁場発生装置8によって発生された磁場によって地磁気の影響が弱められているので、z軸方向の磁場の強さ B_z が0になる深さ、すなわち、磁化された基礎杭3からの探査軸方向の磁場が反転している深さに基づいて基礎杭3の杭長を検出することが可能である。

30

【0028】

さらに、本実施の形態では、3次元磁気センサ6の回転を考慮して水平成分の磁場の強さ B_H を、x軸方向の磁場の強さ B_x と、y軸方向の磁場の強さ B_y とから算出するように構成したが、z軸(鉛直方向)の移動に際して3次元磁気センサ6が回転しないように、すなわちx軸およびy軸が動かないように位置決めすると、水平成分の磁場の強さ B_H を算出することなく、探査結果算出部16において、x軸方向の磁場の強さ B_x もしくはy軸方向の磁場の強さ B_y を用いて $\tan = B_x / B_z$ もしくは $\tan = B_y / B_z$ を算出するようにしても良く、この場合には、3次元磁気センサ6の替わりに互いに直交する向き(x軸もしくはy軸、z軸)の磁場の強さを測定可能な2次元磁気センサを用いることができる。

40

【0029】

次に、本発明の他の実施の形態について図8に基づいて詳細に説明する。

図8は、本発明に係る磁気探査に用いる貫入具の他の実施の形態の構成を示す縦断面図である。

【0030】

図8(a)には、貫入先端ロッド1の中空部分に、3次元磁気センサ6と、磁場発生装置8とが取り付けられている。このように、磁場発生装置8と3次元磁気センサ6との距離を、基礎杭3と3次元磁気センサ6との距離の少なくとも2倍以上に設定できる場合には、同一のロッド(貫入先端ロッド1もしくは継ぎロッド2)に3次元磁気センサ6と磁場発生装置8とを取り付けるようにしても良い。

50

【0031】

また、図8(b)に示すように、貫入先端ロッド1の中空部分に磁場発生装置8を取り付けると共に、図8(c)に示すように、継ぎロッド2の中空部分に3次元磁気センサ6を取り付けるようにしても良い。すなわち、磁場発生装置8と3次元磁気センサ6との上下位置の関係は、どちらが上でも良い。

【0032】

以上説明したように、本実施の形態によれば、貫入先端ロッド1もしくは継ぎロッド1の中空部に取り付けられた磁場発生装置8によって、基礎杭3を磁化させ、貫入先端ロッド1もしくは継ぎロッド2の中空部に取り付けられた3次元磁気センサ6によって少なくとも探査軸方向の磁場の強さを測定するように構成することにより、貫入先端ロッド1および継ぎロッド2を圧入するだけで、貫入先端ロッド1もしくは継ぎロッド2の中空部に取り付けられた3次元磁気センサ6によって磁場の強さを測定できるため、探査孔を掘削することなく磁気探査を行うことができ、作業効率を向上させることができると共に、基礎杭3を磁化させて基礎杭3からの磁場を強くすることができるため、場所打ち杭等のように鉄筋量が少ない杭や、フーチングによって基礎杭3から離れたところで探査しなければならない場合にも、地磁気に影響されることなく基礎杭3からの磁場の強さを測定することができ、高い検知精度で杭長を特定することができるという効果を奏する。

【0033】

なお、本実施の形態では、貫入先端ロッド1および継ぎロッド2の外周に設けた目盛り5によって深さを検知するように構成しているが、巻き取り式変位計(継ぎロッド2の長さを1mとした場合、1m計測用の変位計)を押し込み(圧入)機械本体に設置し、ロッドの押し込み(圧入)量を電気的に検出することによって深さを検知するように構成しても良い。この場合には、継ぎロッド2の継ぎ足し工程で毎回、変位計の目盛りを変えを併せて実施する。

【0034】

また、本実施の形態では、磁場発生装置8によって基礎杭3を磁化させた状態で磁場を測定するように構成したが、磁場発生装置8によって基礎杭3を一旦磁化させた後に、磁場発生装置8による磁場の発生を止めて、磁場を測定するようにしても良い。この場合にも、基礎杭3が有する残留磁気の磁極の方向が一旦磁化されることにより揃えられるため、残留磁気による磁場が強くなり、高い精度で検出することが可能になる。

【0035】

なお、本発明が上記各実施の形態に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施の形態は適宜変更され得ることは明らかである。また、上記構成部材の数、位置、形状等は上記実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好適な数、位置、形状等にすることができる。なお、各図において、同一構成要素には同一符号を付している。

【図面の簡単な説明】

【0036】

【図1】本発明に係る磁気探査に用いる貫入具の実施の形態の貫入先端ロッドの構成を示す図であり、(a)は、側面図であり、(b)は、縦断面図である。

【図2】本発明に係る磁気探査に用いる貫入具の実施の形態の継ぎロッドの構成を示す図であり、(a)は、側面図であり、(b)は、縦断面図である。

【図3】中空部分に磁場発生装置が取り付けられている図2に示す継ぎロッドの構成を示す図である。

【図4】本発明に係る磁気探査方法の実施の形態で使用する機器構成を示す図である。

【図5】図4に示す形状解析装置の構成を示すブロック図である。

【図6】図4に示す水平磁場算出部における水平磁場の算出方法を説明するための図である。

【図7】図4に示す探査結果算出部において算出された探査結果を説明するための図である。

【図8】本発明に係る磁気探査に用いる貫入具の他の実施の形態の構成を示す縦断面図で

ある。

【符号の説明】

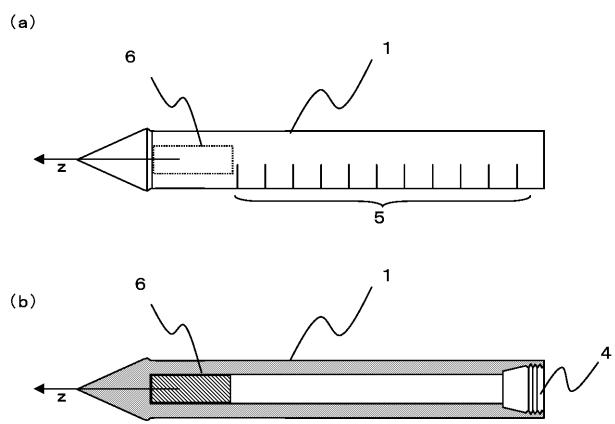
【0037】

- 1 貫入先端ロッド
- 2 繰ぎロッド
- 3 基礎杭
- 4 雌ネジ
- 5 目盛り
- 6 3次元磁気センサ
- 7 雄ネジ
- 8 磁場発生装置
- 9 電源装置
- 10 目盛り検出センサ
- 11 増幅器
- 12 データ収集器
- 13 形状解析装置
- 14 探査データ入力部
- 15 水平磁場算出部
- 16 探査結果算出部
- 17 データ出力部

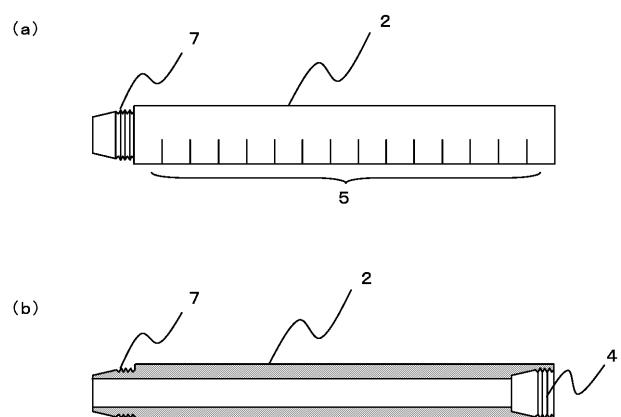
10

20

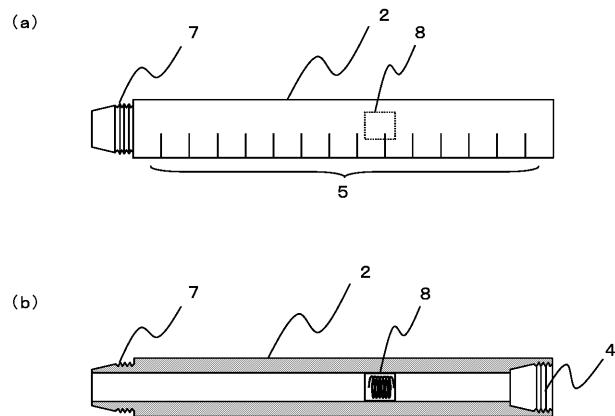
【図1】



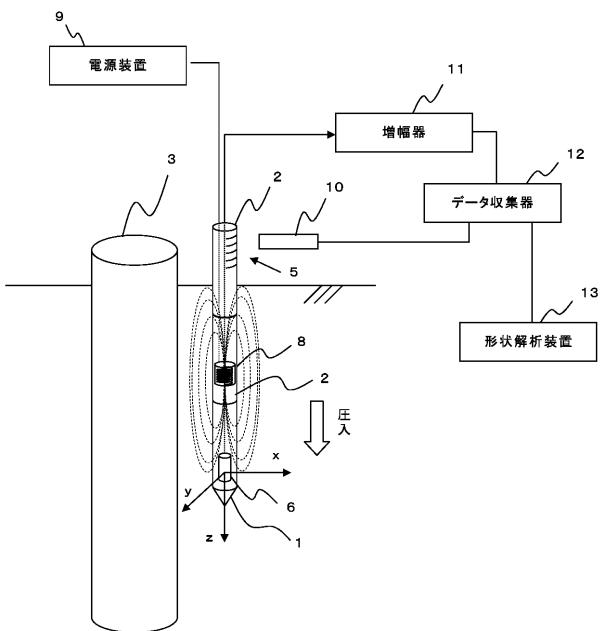
【図2】



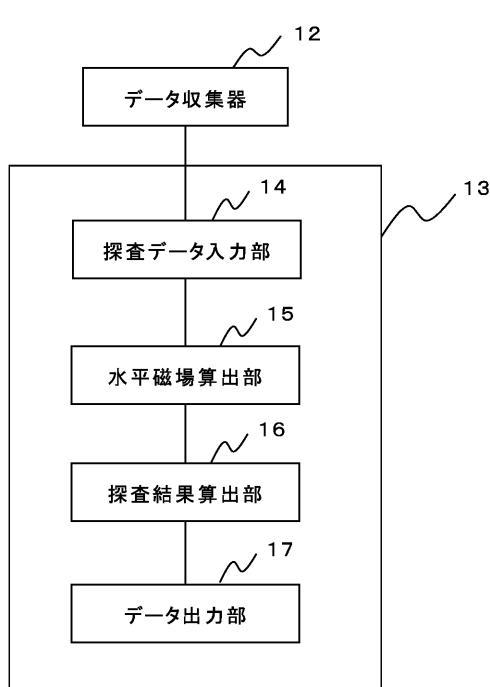
【図3】



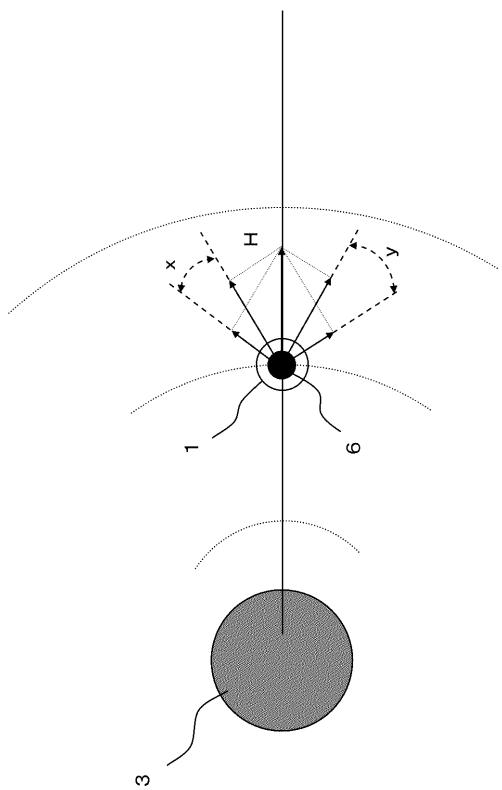
【図4】



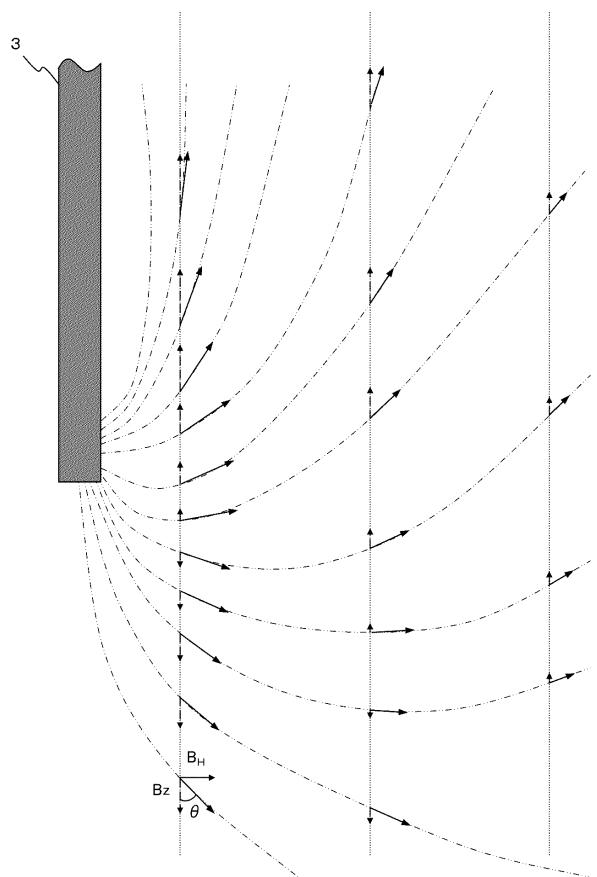
【図5】



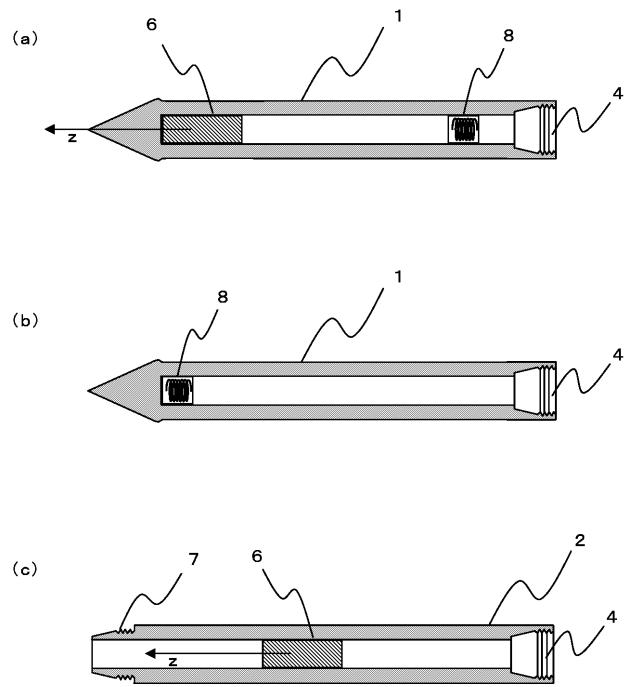
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 羽矢 洋

東京都国分寺市光町二丁目 8 番地 3 8

財団法人鉄道総合技術研究所内

F ターム(参考) 2F063 AA02 BA17 BB05 BD01 CA08 DA01 DA05 GA53 PA10

2G005 BA03