

(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2005-291802

(P2005-291802A)

(43) 公開日 平成17年10月20日(2005.10.20)

(51) Int.Cl.⁷

G01V 3/10

G01V 3/11

F I

G01V 3/10

G01V 3/11

B

Z

テーマコード (参考)

2G005

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-104440 (P2004-104440)

(22) 出願日 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

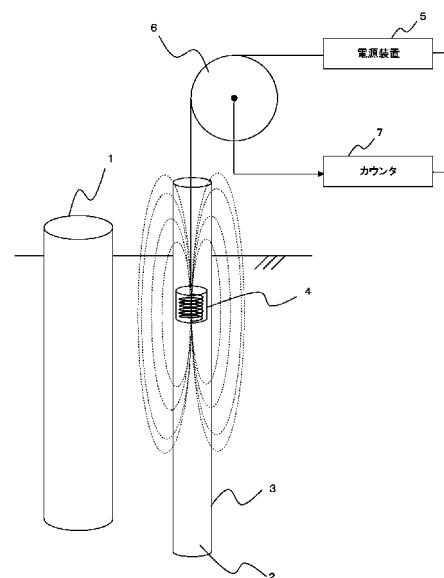
(54) 【発明の名称】 磁気探査方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、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探査孔を杭から離れたところに配置しなければならない場合にも、高い検知精度で杭長を特定することができる磁気探査方法を提供することを課題とする。

【解決手段】 非磁性ガイド管3にコイル等からなる磁場発生装置4を挿入し、磁場発生装置4を探査軸方向に移動させながら、電源装置5から磁場発生装置4に電源を供給して磁場を発生させ、基礎杭1を磁化させる。基礎杭1に使用されている鉄等の鋼材は、磁場発生装置4によって発生させた磁場によって着磁されることはないが、磁場発生装置4によって発生させた磁場によって残留磁気の磁極の向きが揃うため、基礎杭1の周辺の磁場が強くなる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地中に埋設された鋼材を含む測定対象物の近傍の磁気探査を行って、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方法であって、

前記測定対象物の近傍で磁場を発生させることによって、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、探査軸方向の異なる箇所の磁場の強さをそれぞれ測定することを特徴とする磁気探査方法。

【請求項 2】

磁場発生源の磁場の方向を一定にした状態で探査軸方向に移動させながら磁場を発生させることによって、前記測定対象物を磁化させることを特徴とする請求項 1 記載の磁気探査方法。 10

【請求項 3】

前記磁場発生源を探査軸方向に移動させながら、前記磁場発生源に対してパルス電流を供給して磁場を発生させることによって、前記測定対象物を磁化させることを特徴とする請求項 2 記載の磁気探査方法。

【請求項 4】

探査軸方向に磁場を発生させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の磁気探査方法。

【請求項 5】

互いに直交する x 軸、y 軸および z 軸の磁気量を測定可能な 3 次元磁気センサを z 軸が探査軸方向になるように位置決めした状態で z 軸方向に移動させて、探査軸方向の異なる箇所の磁場の強さをそれぞれ測定することを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の磁気探査方法。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気探査方法に関し、特に地中に埋設されている基礎杭の先端位置を検出する磁気探査方法に関する。

【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。 30

【0003】

従来、基礎杭の杭長の調査には、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、杭長を特定している（例えば、非特許文献 1 参照）。 40

【0004】

しかしながら、従来技術では、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探査孔を杭から離れたところに配置しなければならない場合には、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】

【0005】

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、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探查孔を杭から離れたところに配置しなければならない場合にも、高い検知精度で杭長を特定することができる磁気探查方法を提供する点にある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

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、地中に埋設された鋼材を含む測定対象物の近傍の磁気探查を行って、前記測定対象物の先端位置を非接触で検出する磁気探查方法であって、前記測定対象物の近傍で磁場を発生させることによって、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、探查軸方向の異なる箇所の磁場の強さをそれぞれ測定することを特徴とする磁気探查方法に存する。

10

また請求項2記載の発明の要旨は、磁場発生源の磁場の方向を一定にした状態で探查軸方向に移動させながら磁場を発生させることによって、前記測定対象物を磁化させることを特徴とする請求項1記載の磁気探查方法に存する。

また請求項3記載の発明の要旨は、前記磁場発生源を探查軸方向に移動させながら、前記磁場発生源に対してパルス電流を供給して磁場を発生させることによって、前記測定対象物を磁化させることを特徴とする請求項2記載の磁気探查方法に存する。

また請求項4記載の発明の要旨は、探查軸方向に磁場を発生させることを特徴とする請求項1乃至3記載の磁気探查方法に存する。

20

また請求項5記載の発明の要旨は、互いに直交するx軸、y軸およびz軸の磁気量を測定可能な3次元磁気センサをz軸が探查軸方向になるように位置決めした状態でz軸方向に移動させて、探查軸方向の異なる箇所の磁場の強さをそれぞれ測定することを特徴とする請求項1乃至4記載の磁気探查方法に存する。

【発明の効果】

【0007】

本発明の磁気探查方法は、測定対象物の近傍で磁場を発生させることによって、測定対象物を一旦磁化させて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、探查軸方向の異なる箇所の磁場の強さをそれぞれ測定することにより、測定対象物が有する残留磁気による磁場を強くした状態で測定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探查孔を杭から離れたところに配置しなければならない場合にも、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。

30

【0008】

さらに、本発明の磁気探查方法は、磁場発生源を磁場の方向を一定にした状態で探查軸方向に移動させながら磁場を発生させることによって、測定対象物を磁化させることにより、強力な磁場を発生させることなく測定対象物の全体を一旦磁化させることができるため、使用する装置を小型化することができるという効果を奏する。

【0009】

さらに、本発明の磁気探查方法は、探查軸方向の所定間隔毎にパルス電流を前記磁場発生源に供給して磁場を発生させることによって、測定対象物を磁化させることにより、直流電源を用いることなく測定対象物の全体を一旦磁化させることができるため、使用する装置をさらに小型化することができるという効果を奏する。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

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。

【0011】

図1および図2は、本発明に係る磁気探查方法の実施の形態で使用する測定対象物を磁化させる機器の構成を示す図であり、図3は、本発明に係る磁気探查方法の実施の形態で使用する測定対象物の残留磁気量を測定する機器の構成を示す図であり、図4は、図3に示す形状解析装置の構成を示すブロック図であり、図5は、図4に示す水平磁場算出部に

50

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 6 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。

【 0 0 1 2 】

まず、図 1 に示すように、地中に埋設されている測定対象物である基礎杭 1 の近傍に磁場の強さを測定するための探査孔 2 を掘削し、探査孔 2 の全長にわたってステンレスや塩化ビニール等の非磁性ガイド管 3 を挿入する。本実施の形態では、探査孔 2 を基礎杭 1 と平行（鉛直）に掘削したが、基礎杭 1 に対して斜めに掘削しても良い。なお、測定対象物である基礎杭 1 としては、具体的には、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（鋼管、鉄筋コンクリート製）等が考えられる。

10

【 0 0 1 3 】

次に、非磁性ガイド管 3 にコイル等からなる磁場発生装置 4 を挿入し、磁場発生装置 4 を探査孔 2 の軸方向（以下、探査孔 2 の軸方向を探査軸方向と称す）に移動させながら、電源装置 5 から磁場発生装置 4 に電源を供給して磁場を発生させ、基礎杭 1 を磁化させる。磁場発生装置 4 によって発生させる磁場の向きは、図 1 に示すように、探査軸方向でも良く、図 2 に示すように、探査軸に対して直角方向でも良いが、磁場発生装置 4 によって探査軸方向に磁場を発生させるようにすると、コイルの長さを長くすることができるため、磁場生成範囲を大きくでき、好適である。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し、従って、「探査軸方向に磁場を発生させる」とは、N 極と S 極とを結ぶ線が探査軸方向と平行である状態の磁石等の磁場発生源によって磁場を発生させることを示す。

20

【 0 0 1 4 】

磁場発生装置 4 を探査軸方向に移動させるに際し、磁場の向きが変化しないようにすることが必要である。すなわち、磁場発生装置 4 によって探査軸方向に磁場を発生させる場合には、磁場発生装置 4 を探査軸方向に位置決めした状態で移動させ、磁場の向きが常に探査軸方向になるように移動させる。なお、探査孔 2 が鉛直に掘削されている場合には、磁場発生装置 4 を吊り下げた時に、発生させる磁場の向きが探査軸方向になるように構成すれば良い。

【 0 0 1 5 】

また、磁場発生装置 4 によって探査軸に対して直角方向に磁場を発生させる場合には、磁場発生装置 4 を探査軸に対して直角方向に位置決めした状態で移動させる必要があり、この場合には、また、探査孔 2 内に探査軸方向と平行なガイド棒を設置し、当該ガイド棒で磁場発生装置 4 を探査軸に対して直角方向に位置決めした状態でガイドしながら探査軸方向に移動させるようにすれば良い。

30

【 0 0 1 6 】

電源装置 5 から磁場発生装置 4 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、コンデンサを利用してパルス電流を供給するパルス電源とを使用することができる。電源装置 5 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 4 に供給して一定の強さの磁場を発生させた状態で磁場発生装置 4 を探査軸方向に移動させる。電源装置 5 としてパルス電源を使用した場合には、プーリー 6 に接続されたカウンタ 7 から

40

【 0 0 1 7 】

次に、磁場発生装置 4 を非磁性ガイド管 3 から抜き取り、図 3 に示すように、非磁性ガイド管 3 に 3 次元磁気センサ 8 を挿入し、基礎杭 1 の軸方向、すなわち探査軸方向に深さを変えながら 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する。基礎杭 1 に使用されている鉄等の鋼材は、磁場発生装置 4 によって発生させた磁場によって残留磁気の磁極の向きが揃うため、基礎杭 1 の周辺の磁場が強くなっている。

【 0 0 1 8 】

3 次元磁気センサ 8 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

50

可能な、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。

【００１９】

３次元磁気センサ８は、ｚ軸が探査軸方向になるように位置決めされ、ｘ軸およびｙ軸がｚ軸と垂直な平面（水平面）上に位置する。なお、３次元磁気センサ８は、吊り下げることによって鉛直方向がｚ軸になるように構成されており、探査孔２が鉛直に掘削されている場合には、図３に示すように吊り下げるだけでも各軸の位置決めが可能であるが、より精度良く位置決めする場合には、探査孔２内に基礎杭１と平行なガイド棒を設置し、当該ガイド棒でガイドしながらｚ軸方向を移動させるようにすれば良い。

10

【００２０】

３次元磁気センサ８からの出力は、増幅器９で増幅され、プリー６に接続されたカウンタ７からの深さ情報と共にデータ収集器１０に入力される。従って、データ収集器１０には、深さ毎の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】

形状解析装置１１は、図４を参照すると、データ収集器１０からの探査データが入力される探査データ入力部１２と、予め測定しておいた地磁気データが記憶される地磁気記憶部１３と、地磁気記憶部１３に記憶されている地磁気データに基づいて探査データから地磁気を除去する地磁気除去部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。

20

【００２２】

探査データ入力部１２には、データ収集器１０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 とが入力される。

【００２３】

地磁気記憶部１３に記憶させる地磁気は、周囲の磁性体から十分離れた位置に３次元磁気センサ８を置き、ｚ軸が鉛直方向になるように調整し、ｘ軸方向、ｙ軸方向、ｚ軸方向の３方向成分の磁場の強さ（ μT ）をそれぞれ測定し、当該測定結果をそれぞれ地磁気 B_{x0} 、 B_{y0} 、 B_{z0} として記憶させておく。また、地磁気記憶部１３に記憶させる地磁気としては、探査軸方向の複数箇所でｘ軸方向、ｙ軸方向、ｚ軸方向の３方向成分の磁場の強さ（ μT ）をそれぞれ測定し、３方向成分毎の平均値を地磁気 B_{x0} 、 B_{y0} 、 B_{z0} として記憶させるようにしても良い。

30

【００２４】

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５に示すように、３次元磁気センサ８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。

【００２５】

40

【数１】

$$B_H = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \dots\dots \text{数式 1}$$

【００２６】

地磁気除去部１４は、以下に示す式によって水平成分の地磁気 B_{h0} を算出し、地磁気を除去した水平成分の磁場の強さ $B_h = B_H - B_{h0}$ と、地磁気を除去した鉛直方向の磁場の強さ $B_z = B_z - B_{z0}$ を算出する。

【００２７】

50

【数 2】

$$B_{h0} = \sqrt{B_{x0}^2 + B_{y0}^2} \dots\dots \text{数式 2}$$

【0028】

探査結果算出部 16 は、地磁気を除去した水平成分の磁場の強さ B_h と、地磁気を除去した鉛直方向の磁場の強さ 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。

10

【0029】

基礎杭 1 を磁石してみなすと、基礎杭 1 からは、図 6 に示すような磁力線がでていことになり、 $\tan = B_h / B_z$ 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 1 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 1 の杭長を検出することが可能になる。

【0030】

また、鉛直方向の磁場の強さ B_z のみでは、基礎杭 1 と 3 次元磁気センサ 8 との離隔が大きいために誤差が大きくなるが、水平成分の磁場の強さ B_h 、鉛直方向の磁場の強さ B_z と同じレベルで磁気量が低下するため、 $\tan = B_h / B_z$ とすれば、磁気量が小さくても精度が良く基礎杭 1 の先端位置を検出することが可能になる。さらに、 $\tan = B_h / B_z$ とすることで、 $= 0$ で正負が入れ替わり、検出の信頼性が向上する。

20

【0031】

なお、本実施の形態では、3 次元磁気センサ 8 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 8 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、地磁気の除去をより正確に行うことができる。

【0032】

この場合には、地磁気除去部 14 によって、成分毎に地磁気を除去し、地磁気を除去した x 軸方向の磁場の強さ $B_x = B_{x0} - B_{x0}$ と、地磁気を除去した y 軸方向の磁場の強さ $B_y = B_{y0} - B_{y0}$ と、地磁気を除去した z 軸方向（鉛直方向）の磁場の強さ $B_z = B_{z0} - B_{z0}$ をそれぞれ算出し、水平磁場算出部 15 によって、地磁気を除去した x 軸方向の磁場の強さ B_x と、地磁気を除去した y 軸方向の磁場の強さ B_y とから以下に示す式によって水平成分の磁場の強さ B_h を算出するようにすれば良い。

30

【0033】

【数 3】

$$B_h = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} \dots\dots \text{数式 3}$$

40

【0034】

また、 x 軸および y 軸が動かないように位置決めした場合には、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、地磁気を除去した x 軸方向の磁場の強さ B_x もしくは地磁気を除去した 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 8 の代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。

【0035】

以上説明したように、本実施の形態によれば、基礎杭 1 の近傍で磁場を発生させること

50

によって、基礎杭 1 の鋼材を一旦磁化させて基礎杭 1 が有する残留磁気の磁極の方向を揃えた後に、探査軸方向の異なる箇所の磁場の強さをそれぞれ測定することにより、基礎杭が有する残留磁気による磁場を強くした状態で測定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探査孔 2 を杭から離れたところに配置しなければならない場合にも、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。

【 0 0 3 6 】

さらに、本実施の形態によれば、磁場発生装置 4 を磁場の方向を一定にした状態で探査軸方向に移動させながら磁場を発生させることによって、基礎杭 1 を磁化させることにより、強力な磁場を発生させることなく基礎杭 1 の全体を一旦磁化させることができるため、使用する磁場発生装置 4 および電源装置 5 を小型化することができるという効果を奏する。

10

【 0 0 3 7 】

さらに、本実施の形態によれば、探査軸方向の所定間隔毎にパルス電流を磁場発生装置 4 に供給して磁場を発生させることによって、基礎杭 1 を磁化させることにより、直流電源を用いることなく基礎杭 1 の全体を一旦磁化させることができるため、使用する磁場発生装置 4 および電源装置 5 をさらに小型化することができるという効果を奏する。

【 0 0 3 8 】

なお、本実施の形態では、磁場発生装置 4 を移動させながら基礎杭 1 を磁化させるように構成したが、磁場発生装置 4 によって基礎杭 1 の全体を磁化させる強力な磁場を発生させることができるならば、磁場発生装置 4 を固定した状態で基礎杭 1 を磁化させるようにしても良い。

20

【 0 0 3 9 】

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 】

【 0 0 4 0 】

【 図 1 】本発明に係る磁気探査方法の実施の形態で使用する測定対象物を磁化させる機器の構成を示す図である。

30

【 図 2 】本発明に係る磁気探査方法の実施の形態で使用する測定対象物を磁化させる機器の構成を示す図である。

【 図 3 】本発明に係る磁気探査方法の実施の形態で使用する測定対象物の残留磁気量を測定する機器の構成を示す図である。

【 図 4 】図 3 に示す形状解析装置の構成を示すブロック図である。

【 図 5 】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 6 】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。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 4 1 】

- 1 基礎杭
- 2 探査孔
- 3 非磁性ガイド管
- 4 磁場発生装置
- 5 電源装置
- 6 プーリー
- 7 カウンタ
- 8 3次元磁気センサ

50

9 増幅器

10 データ収集器

11 形状解析装置

12 探査データ入力部

13 地磁気記憶部

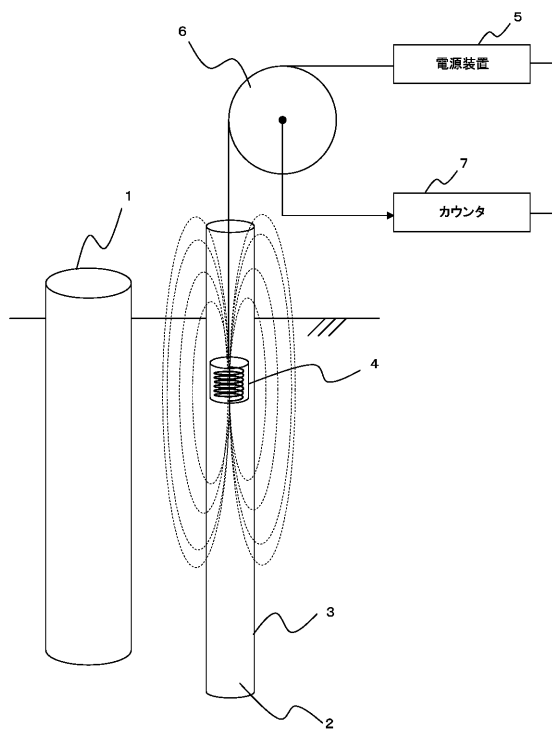
14 地磁気除去部

15 水平磁場算出部

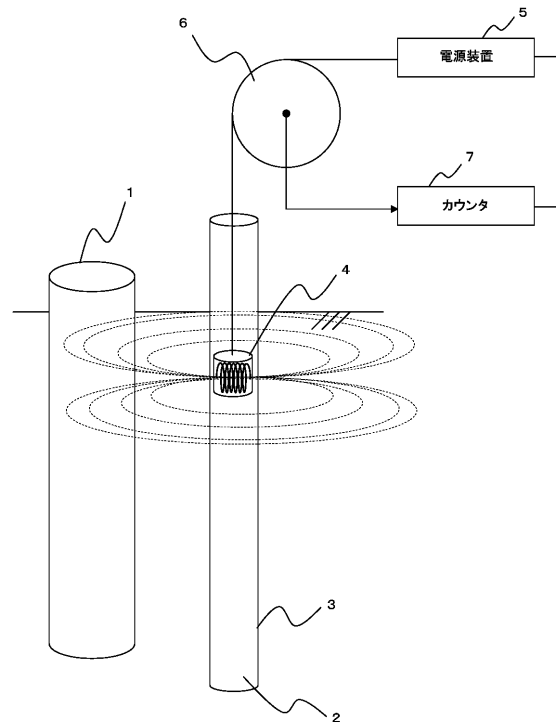
16 探査結果算出部

17 データ出力部

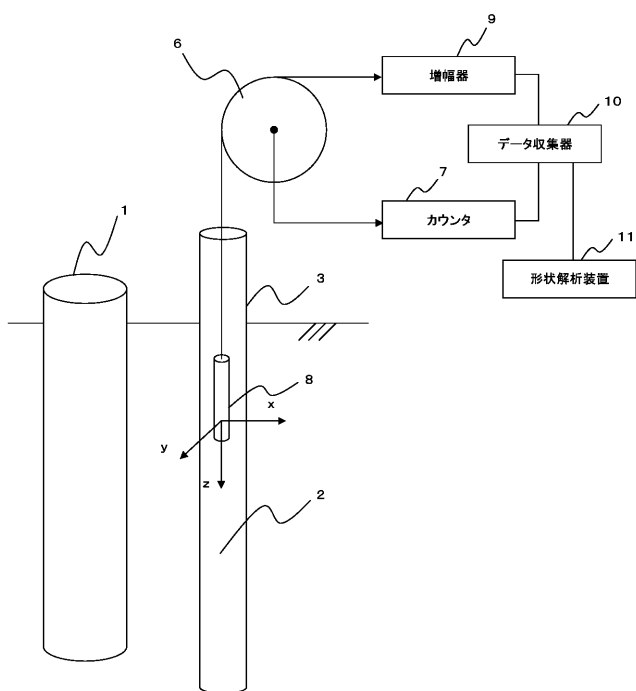
【図1】



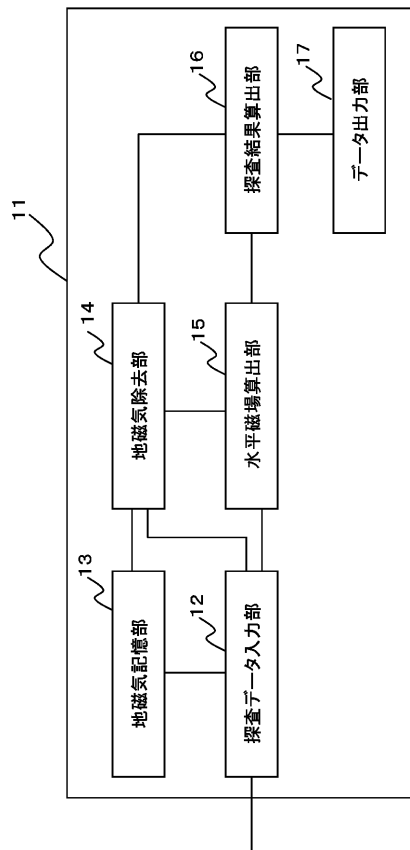
【図2】



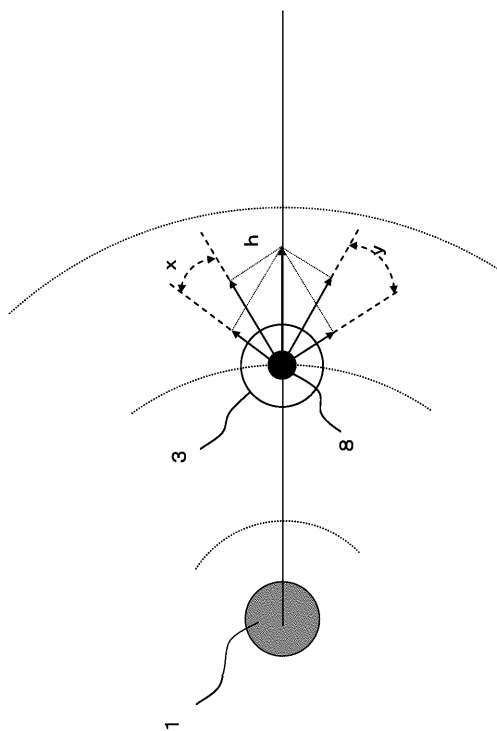
【図 3】



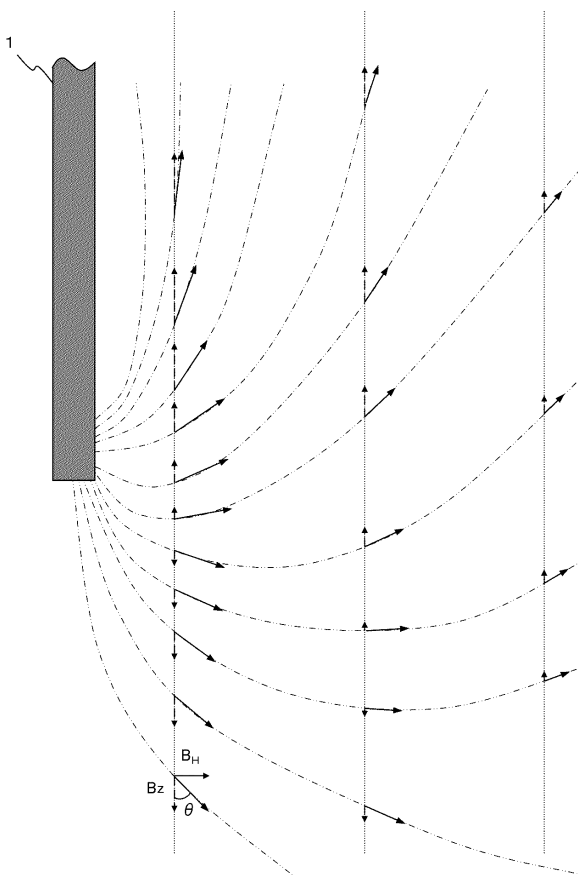
【図 4】



【図 5】



【図 6】



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) 2G005 BA03