

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7688420号
(P7688420)

(45)発行日 令和7年6月4日(2025.6.4)

(24)登録日 令和7年5月27日(2025.5.27)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 N 27/72 (2006.01) G 0 1 N 27/72

請求項の数 7 (全19頁)

(21)出願番号	特願2022-530110(P2022-530110)	(73)特許権者	504176911 国立大学法人大阪大学 大阪府吹田市山田丘1番1号
(86)(22)出願日	令和3年5月25日(2021.5.25)	(74)代理人	110002837 弁理士法人アスフィ国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/019773	(72)発明者	千葉 大地 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学 法人大阪大学内
(87)国際公開番号	WO2021/251129	審査官	小澤 瞬
(87)国際公開日	令和3年12月16日(2021.12.16)		
審査請求日	令和6年2月9日(2024.2.9)		
(31)優先権主張番号	特願2020-100072(P2020-100072)		
(32)優先日	令和2年6月9日(2020.6.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁性体検査装置、及び、磁性体検査方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

永久磁石と、
前記永久磁石に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第1の磁気センサと、
前記永久磁石に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第2の磁気センサと、
データベースが記憶されているメモリと、
を有する磁性体検査装置であって、
前記第1の磁気センサから出力される第1の電氣的信号と、前記第2の磁気センサから出力される第2の電氣的信号との差分を出力し、
前記永久磁石におけるS極からN極に向かう向きと、前記第1の磁気センサの重心と前記第2の磁気センサの重心を結ぶ直線と、が平行となるように、前記第1の磁気センサと前記第2の磁気センサの間に前記永久磁石が配置されており、
前記データベースは、標準サンプルと前記第1の磁気センサとの距離および前記標準サンプルと前記第2の磁気センサとの距離が距離C2である状態において測定された前記第1の磁気センサから出力される前記第1の電氣的信号と前記第2の磁気センサから出力される前記第2の電氣的信号との差分、前記標準サンプルの太さC1、および前記距離C2とが相互に結び付けられたものであることを特徴とする磁性体検査装置。

10

【請求項2】

20

前記第 1 の磁気センサと前記永久磁石との距離、及び、前記第 2 の磁気センサと前記永久磁石との距離は同じ長さである請求項 1 に記載の磁性体検査装置。

【請求項 3】

前記磁気センサはホールセンサである請求項 1 または 2 に記載の磁性体検査装置。

【請求項 4】

前記第 1 の磁気センサ及び前記第 2 の磁気センサに接続されている差動増幅回路をさらに有する請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の磁性体検査装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の磁性体検査装置は、コンクリート構造物に埋設された鉄筋の検査を行う磁性体検査装置。

【請求項 6】

永久磁石と、

前記永久磁石に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第 1 の磁気センサと、

前記永久磁石に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第 2 の磁気センサと、

データベースが記憶されているメモリと、

を有し、

前記永久磁石における S 極から N 極に向かう向きと、前記第 1 の磁気センサの重心と前記第 2 の磁気センサの重心を結ぶ直線と、が平行となるように、前記第 1 の磁気センサと前記第 2 の磁気センサの間に前記永久磁石が配置されており、

前記データベースは、標準サンプルと前記第 1 の磁気センサとの距離および前記標準サンプルと前記第 2 の磁気センサとの距離が距離 C 2 である状態において測定された前記第 1 の磁気センサから出力される電氣的信号と前記第 2 の磁気センサから出力される電氣的信号との差分、前記標準サンプルの太さ C 1、および前記距離 C 2 とが相互に結び付けられたものである磁性体検査装置を用いた磁性体検査方法であって、

前記第 1 の磁気センサから第 1 の電氣的信号を取得するステップ S 1 と、

前記第 2 の磁気センサから第 2 の電氣的信号を取得するステップ S 2 と、

前記第 1 の電氣的信号と前記第 2 の電氣的信号との差分を出力するステップ S 3 と、を有することを特徴とする磁性体検査方法。

【請求項 7】

前記第 1 の電氣的信号は、検査対象である磁性体の存在下で前記第 1 の磁気センサから取得されるものであり、

前記第 2 の電氣的信号は、前記磁性体の非存在下で前記第 2 の磁気センサから取得されるものであり、

前記ステップ S 1 は、前記ステップ S 2 よりも先または後に実施される請求項 6 に記載の磁性体検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、コンクリート構造物、断熱材、保護材などの非磁性体の内部に存在する磁性体の位置、破断の有無等を検査するための磁性体検査装置、及び、磁性体検査方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、高度経済成長期に整備されたインフラ等の老朽化が進んでおり、その維持管理が重要な課題となっている。インフラ等の検査の際には、目視点検や打音点検、破壊検査などの手法がとられてきたが、検査者がその検査技術を習得するまでに時間がかかるうえ、検査精度が検査者の力量に左右されるといった問題があった。そのため、検査者の経験や勘に頼ることなく、確実に検査することができる検査方法や検査装置の開発が望まれていた

10

20

30

40

50

。特に、コンクリート構造物に埋設されている鉄筋については、目視で確認することができないため、コンクリート構造物を破壊することなく、鉄筋の埋設位置や破断箇所などの有無を調べることができるものが望まれていた。

【0003】

従来技術としては、例えば、コンクリートに埋設された鉄筋の検査方法として、非磁性材構造物の内部に存在する磁性材の位置或いは腐食状態を非破壊的に解析する非破壊検査方法において、前記磁性材を、構造物外部から着磁し、着磁された前記磁性材の磁束密度を、構造物外部で計測することにより、磁性材位置を特定し、或いは磁性材の腐食状態を解析する、ことから成る非破壊検査方法が存在する（特許文献1）。

【0004】

他に、磁性体の位置、深さ等を検査するための他の方法として、コンクリート中の鉄筋に対して直角方向に1次微分型SQUIDセンサを並べ、該センサを走査して、鉄筋の方向成分の磁束密度に対して、直角方向の1次微分を測定することにより、鉄筋の位置、深さを測定することを特徴とするSQUIDセンサを利用した鉄筋探査方法が存在する（特許文献2）。

【0005】

しかし、特許文献1に記載の検査方法は、外部から強い磁界を鉄筋に与えて鉄筋を着磁させる必要があるものであり、強力な磁界が必要であることや、検査精度が低い点が課題である。

【0006】

特許文献2に記載の検査方法は、鉄筋の位置、深さなどを測定することができる方法であるものの、SQUIDセンサを低温に保つための設備が必要であり、実際に鉄筋の検査を行う際に使用するには実用的でなかった。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【文献】国際公開第2006/103910号

【文献】特開平7-120558号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は前記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、コンクリート構造物、断熱材、保護材などの非磁性体の内部に存在する磁性体を検知する新たな磁性体検査装置、及び、磁性体検査方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決できた本発明の磁性体検査装置とは、磁石と、磁石に対して所定位置に配置されており電気的信号を出力する第1の磁気センサと、磁石に対して所定位置に配置されており電気的信号を出力する第2の磁気センサと、を有する磁性体検査装置であって、第1の磁気センサから出力される第1の電気的信号と、第2の磁気センサから出力される第2の電気的信号との差分を出力することを特徴とするものである。第1の磁気センサから出力された第1の電気的信号と、第2の磁気センサから出力された第2の電気的信号との差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体を検知することができる。

【0010】

上記磁性体検査装置の第1の磁気センサと磁石との距離、及び、第2の磁気センサと磁石との距離は同じ長さであることが好ましい。

【0011】

上記磁石は永久磁石であることが好ましい。

【0012】

10

20

30

40

50

上記磁気センサはホールセンサであることが好ましい。

【0013】

上記磁性体検査装置は、第1の磁気センサ及び第2の磁気センサに接続されている差動増幅回路をさらに有することが好ましい。

【0014】

上記磁性体検査装置は、コンクリート構造物に埋設された鉄筋の検査を行う際に好ましく用いることができる。

【0015】

上記課題を解決できた本発明の磁性体検査方法とは、磁石と、磁石に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第1の磁気センサと、磁石に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第2の磁気センサと、を有する磁性体検査装置を用いた磁性体検査方法であって、第1の磁気センサから第1の電氣的信号を取得するステップと、第2の磁気センサから第2の電氣的信号を取得するステップと、第1の電氣的信号と第2の電氣的信号との差分を出力するステップと、を有することを特徴とするものである。第1の磁気センサから取得した第1の電氣的信号と、第2の磁気センサから取得した第2の電氣的信号との差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体を検知することができる。

10

【0016】

上記課題を解決できた本発明の磁性体検査方法とは、磁石と、電氣的信号を出力する磁気センサと、を有する磁性体検査装置を用いた磁性体検査方法であって、検査対象である磁性体の存在下で前記磁気センサからの電氣的信号を取得するステップT1と、磁性体の非存在下で磁気センサからの電氣的信号を取得するステップT2と、ステップT1で取得された電氣的信号と、ステップT2で取得された電氣的信号との差分を出力するステップT3と、を有することを特徴とするものである。磁性体の存在下で電氣的信号を取得し、磁性体の非存在下で電氣的信号を取得し、これら2つの電氣的信号の差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体を検知することができる。

20

【0017】

上記課題を解決できた本発明の磁性体検査方法とは、磁石と、電氣的信号を出力する磁気センサと、を有する磁性体検査装置を用いた磁性体検査方法であって、磁気センサから第1の地点の電氣的信号を取得するステップと、磁気センサを第1の地点から第2の地点に移動させるステップと、磁気センサから第2の地点の電氣的信号を取得するステップと、第1の地点の電氣的信号と第2の地点の電氣的信号との差分を出力するステップと、を有することを特徴とするものである。第1の地点の電氣的信号と、第2の地点の電氣的信号との差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体を検知することができる。

30

【発明の効果】

【0018】

本発明の磁性体検査装置、及び、磁性体検査方法は、コンクリート構造物、断熱材、保護材などの非磁性体の内部に存在する磁性体を検知することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0019】

【図1】本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の一例を示す模式図である。

【図2】本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の変形例を示す模式図である。

【図3】本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の他の変形例を示す模式図と、検査対象物の断面を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の他の変形例を示す模式図と、検査対象物の断面を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明は、磁石と、電氣的信号を出力する磁気センサと、を有する磁性体検査装置、及

50

び、磁性体検査方法であって、磁気センサによって電氣的信号が少なくとも2つ取得され、取得された2つの電氣的信号の差分が出力されることによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の検知を非破壊で行うことができるものである。

【0021】

以下、本発明に関して、図面を参照しつつ具体的に説明するが、本発明はもとより図示例に限定される訳ではなく、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0022】

まず、図1及び図2を用いて本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置について説明する。図1は、本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の一例を示す模式図である。図2は、本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の変形例を示す模式図である。

10

【0023】

本発明の磁性体検査装置とは、図1及び図2に示すように、磁石10と、磁石10に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第1の磁気センサ21と、磁石10に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第2の磁気センサ22と、を有する磁性体検査装置1であって、第1の磁気センサ21から出力される第1の電氣的信号と、第2の磁気センサ22から出力される第2の電氣的信号との差分を出力することを特徴とするものである。

【0024】

上記磁性体検査装置1が有する磁石10は、磁界を発生させることができるものであればよく、例えば、永久磁石や電磁石を用いることができる。電磁石は電力が必要であるが、永久磁石であればそれ自体から安定して磁界を発生させることができるため、上記磁石10は永久磁石であることが好ましい。

20

【0025】

磁石10の形状は特に限定されず、例えば、直方体状、立方体状、四角柱状、多角柱状、円柱状など、種々の形状から選択すればよい。

【0026】

磁石10の数も特に限定されず、上記磁性体検査装置1は少なくとも1個の磁石を有していればよく、磁石10の数は必要に応じて2個、3個等に増やすことができる。複数の磁石10は所定の位置に配置されることが好ましい。なお、上記では磁石10は永久磁石であることが好ましいと記載したが、磁石10は電磁石であってもよく、電磁石を使用することで永久磁石より強力な磁界を発生させることができる。これによって、より深くに埋設された磁性体を検知することができる。電磁石を複数配置する場合は、例えば、電磁石を所定の位置に複数個配置する構成とし、一部の電磁石をONに、他の電磁石をOFFにすることで複数の磁界を形成することができる。これによって、磁気センサ20から得られる電氣的信号を複数取得することができ、非磁性体の内部に存在する磁性体の位置や破断個所の特定精度を向上させることができる。

30

【0027】

上記磁気センサ20は、磁石が発する磁界の大きさを計測することができるものであればよい。上記磁性体検査装置1の磁気センサ20としては、ホール効果を利用して磁石が発する磁界や電流が発する磁界を計測することができるホールセンサや、個体の電気抵抗が磁界によって変化する磁気抵抗効果を利用して磁界の大きさを計測するMRセンサ(磁気抵抗効果素子)などを用いることができる。ただし、MRセンサなどの高感度のセンサは、ホールセンサと比べると比較的出力が大きいため、低磁界において出力の飽和が生じやすい。上記磁性体検査装置1では磁石10が及ぼす比較的強い磁界の中に磁気センサ20が配置されるため、上記磁気センサ20は、比較的高磁界まで飽和が生じない、あるいは飽和磁界が存在しないホールセンサであることが好ましい。ホールセンサとしては、電流を流すとホール電圧が出るホール素子や、ホール素子に回路上で信号を増幅する演算増幅器を一体化させたホールICなどを用いることができる。ホール素子から得られる電圧は比較的小さいため、ホール素子を用いる場合は、別途、演算増幅器を設ける構成として

40

50

もよい。

【0028】

上記ホール素子は、電流を供給する第1の供給電極と第2の供給電極、及び、電圧を測定する第1の測定電極と第2の測定電極を有する。電流は第1の供給電極から第2の供給電極にむかって一定の方向（x軸方向）に流れる。2つの供給電極間を流れる電流に対して垂直な方向に磁場がかかる（z軸方向）と、電流を担う荷電粒子はローレンツ力を受けて2つの供給電極を結ぶ直線（x軸方向）と垂直な方向（y軸方向）に曲げられる。これにより、y軸方向に電荷分布の偏りが生じ、一方はプラスに帯電し、他方はマイナスに帯電する。第1の測定電極をプラスに帯電する側に配置し、第2の測定電極をマイナスに帯電する側に配置して、2つの測定電極間の電位差を測定する。この電位差を測ることによって磁界の発生有無や磁界の大きさを判別することができる。

10

【0029】

磁石10が永久磁石であって、磁石10のS極からN極に向かう向きと、磁気センサ20の第1の測定電極と第2の測定電極が対向している向きが垂直であることが好ましい。また、磁気センサ20の第1の測定電極と第2の測定電極が対向している向きと、第1の磁気センサ21の重心と第2の磁気センサ22の重心を結ぶ直線とが垂直であることが好ましい。さらに、図3のように磁石10のS極からN極に向かう向きと、第1の磁気センサ21の重心と第2の磁気センサ22の重心を結ぶ直線とが垂直である、または、図1のように磁石10のS極からN極に向かう向きと、第1の磁気センサ21の重心と第2の磁気センサ22の重心を結ぶ直線とが平行であることが好ましい。このような構成とすることで、第1の磁気センサ21が検知する磁界12の大きさと第2の磁気センサ22が検知する磁界12の大きさがほぼ等しくなるように磁気センサ20が配置されることになり、上記磁性体検査装置1の差分の出力に適したものとなる。

20

【0030】

上記磁気センサ20は電氣的信号を出力する。電氣的信号は磁気センサ20が検出した磁界の大きさに応じて出力される信号で、例えば、磁気センサ20によって検出された磁界は、それに応じた電圧や電流等の信号に変換されて出力される。

【0031】

上記磁性体検査装置1は、磁石10に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第1の磁気センサ21と、磁石10に対して所定位置に配置されており電氣的信号を出力する第2の磁気センサ22の、少なくとも2つの磁気センサ20を有する。磁石10に対して所定位置に配置される第1の磁気センサ21は、上記磁石10が発する磁界12を検知することができる位置に配置されていればよい。同様に、磁石10に対して所定位置に配置される第2の磁気センサ22についても、上記磁石10が発する磁界12を検知することができる位置に配置されていればよい。

30

【0032】

上記磁性体検査装置1において、第1の磁気センサ21が検知する磁界12の大きさと第2の磁気センサ22が検知する磁界12の大きさがほぼ等しくなるように磁気センサ20が配置されることが好ましい。例えば、図2に示す第1の磁気センサ21と磁石10との距離、及び、第2の磁気センサ22と磁石10との距離は同じ長さであることが好ましい。ここで、第1の磁気センサ21と磁石10との距離は、第1の磁気センサ21のうち磁石10に最も近い部分と、磁石10のうち第1の磁気センサ21に最も近い部分との距離を測るものとする。同様に、第2の磁気センサ22と磁石10との距離は、第2の磁気センサ22のうち磁石10に最も近い部分と、磁石10のうち第2の磁気センサ22に最も近い部分との距離を測るものとする。磁石10と第1の磁気センサ21との距離と、磁石10と第2の磁気センサ22との距離が異なる場合は、第1の磁気センサ21から取得される第1の電氣的信号の大きさと第2の磁気センサ22から取得される第2の電氣的信号の大きさが著しく異なることがある。しかし、第1の磁気センサ21と磁石10との距離、及び、第2の磁気センサ22と磁石10との距離を同じ長さにするることにより、第1の電氣的信号の大きさと第2の電氣的信号の大きさが近いものになるため、検査精度を向

40

50

上させることができる。

【0033】

さらに、図2に示すように、第1の磁気センサ21と磁石10とを結ぶ線分L1、及び、第2の磁気センサ22と磁石10とを結ぶ線分L2とが平行であることが好ましい。第1の磁気センサ21と磁石10との距離、及び、第2の磁気センサ22と磁石10との距離が同じ長さであって、線分L1と線分L2が平行であることがより好ましい。第1の磁気センサ21と磁石10との距離、及び、第2の磁気センサ22と磁石10との距離が同じ長さであって、線分L1と線分L2が平行であることにより、より、第1の磁気センサ21と第2の磁気センサ22が大きさの近い磁界を検知することができるようになるため、検査精度を向上させることができる。ここで、第1の磁気センサ21と磁石10とを結ぶ線分L1、及び、第2の磁気センサ22と磁石10とを結ぶ線分L2とが平行とは、実質的な両線分の平行の $\pm 5^\circ$ を意味するものとする。

10

【0034】

磁性体検査装置1において、第1の磁気センサ21が検知する磁界の磁力線の形状と、第2の磁気センサ22が検知する磁界の磁力線の形状とが対称となる位置に、第1の磁気センサ21及び第2の磁気センサ22が配置されることが好ましい。例えば、第1の磁気センサ21と第2の磁気センサ22は、図1または図2に示されているように、磁石10を介して対称な位置に配置することが好ましい。ここで、磁石10を介して対称な位置とは、第1の磁気センサ21及び第2の磁気センサ22が、磁石10の重心11を対称の中心として点対称となる位置に配置されること、または、磁石10の重心11を通る所定の直線に対して線対称となる位置に配置されること、を意味する。第1の磁気センサ21と第2の磁気センサ22とを上記のような位置に配置することで、第1の磁気センサ21が検知する磁石10の発する磁界12の磁力線の形状と第2の磁気センサ22が検知する磁石10の発する磁界12の磁力線の形状は同一または対称なものとなる。第1の磁気センサ21が検知する磁界12の磁力線の形状と第2の磁気センサ22が検知する磁界12の磁力線の形状とが同一または対称でない場合は、それを補正するための計算をする必要がある。しかし、第1の磁気センサ21が検知する磁界12の磁力線の形状と第2の磁気センサ22が検知する磁界12の磁力線の形状とが同一または対称になるようにすることで、第1の電気的信号と第2の電気的信号との差分を出力する際に、上記のような補正をするための計算を行う必要がない。このため、差分を出力する際に必要な処理や計算を少なくすることができるため、検査に要する時間を短くすることができ、検査精度も向上させることができる。

20

30

【0035】

上記の磁気センサ20については、第1の磁気センサ21及び第2の磁気センサ22の2つを設けることに限定されるものではない。図示しないが、例えば、上記磁性体検査装置1はさらに磁石10に対して所定位置に配置されている第3の磁気センサや、磁石10に対して所定位置に配置されている第4の磁気センサを有する構成としてもよい。例えば、第3の磁気センサと第4の磁気センサを配置する場合は、第1の磁気センサ21と第2の磁気センサ22が検知する磁界12の大きさとは異なる大きさの磁界12を検知することができる位置に配置されていても構わない。また、第3の磁気センサが検知する磁界12の大きさと第4の磁気センサが検知する磁界12の大きさがほぼ等しくなるように磁気センサが配置される構成とすることができる。この場合は、第3の磁気センサから出力される第3の電気的信号と第4の磁気センサから出力される第4の電気的信号の差分を出力する構成とすることができる。上記磁性体検査装置1における磁気センサ20の数を増やすことにより、検査精度を向上させることができる。

40

【0036】

上記磁性体検査装置1は、第1の磁気センサ21から出力される第1の電気的信号と、第2の磁気センサ22から出力される第2の電気的信号との差分を出力する。

【0037】

上記磁性体検査装置1が磁性体に接近すると、第1の電気的信号と第2の電気的信号の

50

差分が変化する。このため、差分の変化が現れたときには上記磁性体検査装置 1 が接近した先に磁性体が存在していることを同定することができるため、非磁性体内に存在する磁性体の位置を特定することができる。また、磁石 10 の磁界 12 は磁性体の端部に集中して収束するため、磁性体が破断している箇所では出力される差分は、破断が生じていない磁性体が存在している箇所では出力される差分よりも大きくなる。これにより、出力された差分が、破断が生じていない磁性体が存在している箇所の差分よりも大きくなった位置において磁性体が破断していることを同定することができる。

【0038】

図 1 及び図 2 に示すように、上記磁性体検査装置 1 が、第 1 の磁気センサ 21 及び第 2 の磁気センサ 22 に接続されている差検出部 30 を有し、第 1 の電気的信号と第 2 の電気的信号の電圧出力が差検出部 30 に入力されることで差分が増幅される構成としてもよい。差検出部 30 の一実施形態として、例えば、上記磁性体検査装置 1 が、第 1 の磁気センサ 21 及び第 2 の磁気センサ 22 に接続されている差動増幅回路 31 をさらに有し、第 1 の電気的信号と第 2 の電気的信号の電圧出力が差動増幅回路 31 に入力されることで差分が増幅されると同時に出力される構成とすることができる。また、差検出部 30 の他の実施形態として、上記磁性体検査装置 1 が演算処理部 32 をさらに有し、演算処理部 32 において電気的信号がデジタル信号に変換され、そのデジタル信号の差分が算出され、増幅されたものが出力される構成としてもよい。さらに他の実施形態として、図 1 に示すように、上記磁性体検査装置 1 が、メモリを有し、当該メモリに記憶された第 1 の電気的信号と第 2 の電気的信号をパーソナルコンピュータ 40 などに取り込み、パーソナルコンピュータ 40 の CPU (Central Processing Unit) で信号の差分を算出し、出力する構成としても構わない。ただし、差動増幅回路 31 が第 1 の磁気センサ 21 と第 2 の磁気センサ 22 に接続されていることで、差動増幅回路 31 を磁気センサの近くに配置することが可能となり、これによってノイズを低減させることができる。このため、上記磁性体検査装置 1 が、さらに、差動増幅回路 31 を有し、第 1 の電気的信号と第 2 の電気的信号の電圧出力が差動増幅回路 31 に入力されることが好ましい。

【0039】

図 1 及び図 2 に示すように、上記磁性体検査装置 1 には、外部から得た電力を調整して機器内部に供給する電源部 50 を設けてもよい。また、電源部 50 には、電力供給のオン・オフを切り替える電源スイッチが設けられていてもよい。

【0040】

図 2 に示すように、上記磁性体検査装置 1 には、第 1 の電気的信号と第 2 の電気的信号との差分の情報を使用者に表示する表示部 60 を設けてもよい。表示部 60 としては、例えば、各信号の大きさや差分の大きさ等を可視化するモニターなどを使用することができる。

【0041】

上記のように、本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置 1 は、第 1 の磁気センサ 21 から出力された第 1 の電気的信号と、第 2 の磁気センサ 22 から出力された第 2 の電気的信号との差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の存在する位置、破断の有無を特定することができる。

【0042】

上記磁性体検査装置 1 は、標準サンプルを用いて取得された差分データが集積されたデータベースが記憶されているメモリを有していることが好ましい。標準サンプルとは、太さ C1 の磁性体である。データベースとしては、例えば、標準サンプルと磁気センサとの間の距離が距離 C2 の状態で、第 1 の磁気センサ 21 から出力される第 1 の電気的信号と、第 2 の磁気センサ 22 から出力される第 2 の電気的信号との差分が測定され、標準サンプルの太さ C1、標準サンプルと磁気センサとの距離 C2、上記差分とが相互に結び付けられた状態で記憶されているものなどであればよい。上記 C1、C2 は 0 より大きい定数である。C1 及び C2 の値を変化させて差分データを得て、データベース化されることが好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

検査対象物に対して上記磁性体検査装置 1 を使用した場合であって、第 1 の磁気センサ 2 1 から出力される第 1 の電氣的信号と第 2 の磁気センサ 2 2 から出力される第 2 の電氣的信号との差分を、上記データベースに記憶されている差分データとフィッティングする構成とすることができる。検査対象から得られた差分とデータベース上の差分データとのフィッティングの結果から、データベース上で差分データと結びつけられている標準サンプルの太さ及び標準サンプルと磁気センサとの距離を導き出すことができ、これによって検査対象の磁性体の太さ及び検査対象の磁性体と磁気センサとの距離を同定することができる。上記のように、第 1 の磁気センサ 2 1 から出力される第 1 の電氣的信号と第 2 の磁気センサ 2 2 から出力される第 2 の電氣的信号との差分をデータベース上の差分データとフィッティングする構成とすることで、検査対象の磁性体の太さや検査対象の磁性体と磁気センサとの距離までも同定することが可能となる。フィッティングの他の実施の形態として、モデル関数を利用する方法を採用することもできる。データベースをフィッティングできるモデル関数 F 1 を作成し、当該モデル関数 F 1 はモデル関数のフィッティングパラメータ D 1、D 2 が C 1 と C 2 に対して一意に決まるように設定する。さらに、D 1、D 2 がそれぞれ C 1 と C 2 の関数となるように再度モデル関数 F 2 1、F 2 2 を作ってモデル化する。検査対象物に対して測定を行い、その結果にフィッティングをかけるとパラメータ D 1、D 2 が得られる。そのパラメータを F 2 1、F 2 2、を用いて逆演算することで、C 1 と C 2 とを決定することができる。

10

【 0 0 4 4 】

また、上記磁性体検査装置 1 は、検査対象の磁性体から得られた差分、磁性体と磁気センサとの距離、太さを利用して、腐食している箇所を同定することができる。より具体的には、コンクリート構造物に埋設されている鉄筋の一部が腐食して縮径しているような場合、鉄筋の腐食箇所と非腐食箇所とでは、得られる差分や鉄筋の太さ、鉄筋と磁気センサとの距離の数値は異なるものとなる。このため、検査対象の磁性体から得られた差分、太さ、磁性体と磁気センサとの距離について、周囲の差分データや磁性体の太さ、磁性体と磁気センサとの距離の数値とは異なる箇所が存在する場合、当該箇所が腐食していることを同定することができる。

20

【 0 0 4 5 】

上記のようなフィッティングは、演算処理部や制御部を設けることで実施されてもよい。また、上記では磁性体検査装置 1 にメモリを設けて、そこにデータベースを記憶させる形態を記載したが、他にも、データベース自体はパーソナルコンピュータに付随しているメモリや、外付けのメモリなど、他の機器に設けられているメモリなどに記憶させておくものとすることもできる。

30

【 0 0 4 6 】

上記磁性体検査装置 1 は、コンクリート構造物に埋設された鉄筋の検査を行う際に好ましく用いることができる。鉄筋がコンクリート構造物の内部に存在しているときに、コンクリート構造物を破壊することなく、鉄筋の存在する位置、破断の有無を特定することができる。コンクリート構造物には、鉄筋以外にも管などが埋設されている場合や、空洞が存在している場合があるが、当然のことながら、当該管などが非磁性体であれば管を検知することもないし、空洞を検知することもないため、磁性体である鉄筋のみを安定して検査することができるものである。なお、本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置 1 の検査対象は鉄筋のみならず磁性体であれば検査対象とすることが可能である。複数の磁性体が並んでいる場合や、格子状に磁性体が並んでいる場合にも検査することが可能である。

40

【 0 0 4 7 】

次に、図 3 を用いて上記磁性体検査装置の好ましい使用方法を具体的に説明する。図 3 は、本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の変形例と、検査対象物の一例として鉄筋が埋設されたコンクリート構造物の断面を表す図である。

【 0 0 4 8 】

まず、一の磁気センサが検査対象物 7 0 からの距離が磁石 1 0 よりも近い位置になるよ

50

うに、他の磁気センサが検査対象物70からの距離が磁石10よりも遠い位置になるように、磁性体検査装置1を検査対象物70上に配置する。磁気センサから検査対象物までの距離は、磁気センサのうち検査対象物に最も近い部分と、検査対象物のうち磁気センサに最も遠い部分との距離を測るものとする。また、磁石から検査対象物までの距離は、磁石のうち検査対象物に最も近い部分と、検査対象物のうち磁石に最も遠い部分との距離を測るものとする。具体的には、第1の磁気センサ21が検査対象物70からの距離が磁石10よりも近い位置になるように、第2の磁気センサ22が検査対象物70からの距離が磁石10よりも遠い位置になるように、磁性体検査装置1を検査対象物70上に配置する。この磁石10と磁気センサ20と検査対象物70との位置関係を維持したまま、検査対象物70の表面を走査させる。走査させながら磁気センサ20で電気的信号を取得する。磁石10の磁界12は、周囲に磁性体が存在しなければ変化することなく安定した磁力線で表される(以下、「標準磁力線」と記載する)。しかし、磁石10の周囲に磁性体が存在する場合、磁石10の磁界12は磁性体に収束する性質を有するため、上記標準磁力線とは異なる磁力線を呈する。検査対象物70からの距離が磁石10よりも近い位置に存在する第1の磁気センサ21では、検査対象物70内に磁性体が存在する場合に磁界12の少なくとも一部は当該磁性体に収束することになり、当該磁界12を検知した第1の磁気センサ21がそれに応じた電気的信号を発する(第1の電気的信号)。しかし、検査対象物70からの距離が磁石10よりも遠い位置に存在する第2の磁気センサ22では、標準磁力線に近い磁界12が発生し続けることになり、標準磁力線に近い磁界12に応じた電気的信号を第2の磁気センサ22が発する(第2の電気的信号)。上記のように構成することで、上記磁性体検査装置1が磁性体に接近すると、第1の電気的信号と第2の電気的信号の差分が変化する。このため、差分の変化が現れたときには上記磁性体検査装置1が接近した先に磁性体が存在していることを同定することができる。このため、第1の電気的信号と第2の電気的信号との間の差分を出力することで、磁性体が埋設されている位置を同定することができる。ただし、第1の磁気センサ21が検知する磁界の磁力線の形状と、第2の磁気センサ22が検知する磁界の磁力線の形状とが対称となる位置に、第1の磁気センサ21及び第2の磁気センサ22が配置されていない場合は、2つの電気的信号の差分を出力する前に、磁気センサ20の位置に応じて補正をする計算が必要になる。当該計算は演算処理部などを設けることで行うことができる。

【0049】

ここまで、本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置について説明した。次に、磁性体検査装置を使用した磁性体検査方法について具体的に説明する。ここでは、上記磁性体検査装置の説明において説明している構成についての説明を省略する。

【0050】

まず、図3を用いて、第1の実施形態に係る磁性体検査方法を説明する。

【0051】

本発明の第1の実施形態に係る磁性体検査方法とは、磁石10と、磁石10に対して所定位置に配置されており電気的信号を出力する第1の磁気センサ21と、磁石10に対して所定位置に配置されており電気的信号を出力する第2の磁気センサ22と、を有する磁性体検査装置1を用いた磁性体検査方法であって、第1の磁気センサ21から第1の電気的信号を取得するステップ(ステップS1)と、第2の磁気センサ22から第2の電気的信号を取得するステップ(ステップS2)と、第1の電気的信号と第2の電気的信号との差分を出力するステップ(ステップS3)と、を有することを特徴とするものである。

【0052】

ステップS1は、第1の磁気センサ21から第1の電気的信号を取得するもので、より詳細には、図3に示すように、第1の電気的信号は磁石10の磁界12の少なくとも一部が磁性体に収束している状態のもとで第1の磁気センサ21から取得されるものであることが好ましい。

【0053】

ステップS2は、第2の磁気センサ22から第2の電気的信号を取得するもので、より

10

20

30

40

50

詳細には、図3に示すように、第2の電気的信号は磁石10の磁界12が磁性体に収束していない状態のもとで第2の磁気センサ22から取得されるものであることが好ましい。磁石10の磁界12が磁性体に収束していない状態とは、即ち、磁界12が標準磁力線を呈する状態のことである。

【0054】

ステップS3では、ステップS1で取得された第1の電気的信号とステップS2で取得された第2の電気的信号との差分を出力する。

【0055】

上記磁性体検査方法を実施する磁性体検査装置1が有する磁気センサは2つ以上であればよい。例えば、図3で示す磁性体検査装置1を用いた場合の磁性体検査方法は、ステップS1において検査対象物70の鉄筋71の存在下で磁石10の発する磁界12を第1の磁気センサ21が測定し、ステップS2において検査対象物70の鉄筋71の非存在下で磁石10の発する磁界12を第2の磁気センサ22が測定する。その後、ステップS1で第1の磁気センサ21から得られた第1の電気的信号とステップS2で第2の磁気センサ22から得られた第2の電気的信号との差分を出力するステップS3が行われる。ステップS1はステップS2よりも先に行われてもよいし、ステップS2がステップS1よりも先に行われていてもよいが、ステップS1とステップS2が同時に行われる構成とすることが好ましい。ステップS1とステップS2が同時に行われることで、磁性体の検査に要する時間を短くすることができる。

【0056】

上記磁性体検査方法は、ステップS1で第1の磁気センサ21から得られた第1の電気的信号とステップS2で第2の磁気センサ22から得られた第2の電気的信号との差分を増幅するステップ(ステップS4)を有することが好ましい。例えば、差分を増幅するステップS4は、ステップS3よりも先に行うものとして行うことができる。即ち、ステップS1で第1の磁気センサ21から得られた第1の電気的信号とステップS2で第2の磁気センサ22から得られた第2の電気的信号との差分を増幅した後に出力する構成とすることができる。この場合、例えば、上記磁性体検査装置1に差検出部30として演算処理部32を設け、ステップS1で第1の磁気センサ21から得られた第1の電気的信号とステップS2で第2の磁気センサ22から得られた第2の電気的信号が演算処理部32においてデジタル信号に変換され、当該デジタル信号の差分が算出され、その差分が増幅されるように構成することができる。また、他の実施形態として、差分を増幅するステップS4は、ステップS3と同時に行うものとして行うことができる。即ち、ステップS1で第1の磁気センサ21から得られた第1の電気的信号とステップS2で第2の磁気センサ22から得られた第2の電気的信号との差分を増幅すると同時に出力する構成とすることができる。ステップS4とステップS3とを同時に行うことで検査に要する時間を短くすることができる点で、当該実施形態は好ましい。この場合、例えば、上記磁性体検査装置1が、差検出部30として第1の磁気センサ21及び第2の磁気センサ22に接続されている差動増幅回路31を有し、ステップS1で第1の磁気センサ21から得られた第1の電気的信号とステップS2で第2の磁気センサ22から得られた第2の電気的信号が同時に差動増幅回路31に送られ、当該2つの電気的信号の差分が一定係数で増幅されると同時に出力されるように構成することができる。差動増幅回路31が、第1の磁気センサ21及び第2の磁気センサ22と接続されていることで、差動増幅回路31は磁気センサの近くに配置することが可能となり、これによってノイズを低減させることができる。このように、ステップS1で第1の磁気センサ21から得られた第1の電気的信号とステップS2で第2の磁気センサ22から得られた第2の電気的信号との差分を増幅するステップ(ステップS4)を有することで、磁性体の検査精度を向上させることができる。

【0057】

上述したように、本発明の第1の実施形態に係る磁性体検査方法は、第1の磁気センサ21から取得した第1の電気的信号と、第2の磁気センサ22から取得した第2の電気的信号との差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の存在する

位置、破断の有無を特定することができる。

【0058】

上記磁性体検査方法は、磁性体検査装置1がデータベースが記憶されているメモリを有し、ステップS3で出力された差分と上記メモリに記憶されているデータベースとをフィッティングするステップ(ステップS5)を有する構成とすることができる。メモリに記憶されるデータベースとしては、例えば、標準サンプルと磁気センサとの距離C2の状態、当該標準サンプルの第1の磁気センサ21から出力される第1の電気的信号と、第2の磁気センサ22から出力される第2の電気的信号との差分が測定され、標準サンプルの太さC1、標準サンプルと磁気センサとの距離C2、上記差分とが相互に結び付けられた状態で記憶されているものなどであればよい。ステップS5では、実際に検査対象に対して上記磁性体検査装置1を使用して得られた第1の電気的信号と第2の電気的信号との差分と、データベース上の差分データとをフィッティングする。上記ステップS5における出力された差分とデータベース上の差分データとのフィッティングの結果から、データベース上で差分データと結びつけられている標準サンプルの太さ及び標準サンプルと磁気センサとの距離を導き出すことができる。これによって検査対象の磁性体の太さ及び検査対象の磁性体と磁気センサとの距離を同定することができる。上記のように、本発明の第1の実施形態に係る磁性体検査方法は、磁性体検査装置1がデータベースが記憶されているメモリを有し、ステップS1で取得される第1の電気的信号とステップS2で取得される第2の電気的信号との差分を出力し(ステップS3)、ステップS3で出力された差分と上記データベースに記憶されているデータとフィッティングするステップ(ステップS5)を有することで、磁性体の太さや、磁性体と磁気センサとの距離までも同定することが可能となる。フィッティングの他の実施の形態として、モデル関数を利用する方法を採用することもできる。データベースをフィッティングできるモデル関数F1を作成し、当該モデル関数F1はモデル関数のフィッティングパラメータD1、D2がC1とC2に対して一意に決まるように設定する。さらに、D1、D2がそれぞれC1とC2の関数となるように再度モデル関数F21、F22を作ってモデル化する。検査対象物に対して測定を行い、その結果にフィッティングをかけるとパラメータD1、D2が得られる。そのパラメータをF21、F22、を用いて逆演算することで、C1とC2とを決定することができる。

10

20

【0059】

また、上記磁性体検査方法は、検査対象の磁性体から得られた差分、磁性体と磁気センサとの距離、太さを利用して、腐食している箇所を同定することもできる。これによって、磁性体と磁気センサとの距離や、磁性体の太さ、破断箇所、腐食箇所までも同定することが可能となる。上記のようなフィッティングは、演算処理部や制御部をさらに設けることで実施されてもよい。また、上記では磁性体検査装置1にメモリを設けて、そこにデータベースを記憶させる方法を記載したが、他にも、データベース自体はパーソナルコンピュータに付随しているメモリや、外付けのメモリなど、他の機器に設けられているメモリなどに記憶させておくものとすることもできる。

30

【0060】

上記のように、本発明の第1の実施形態に係る磁性体検査方法は、第1の磁気センサ21から取得した第1の電気的信号と、第2の磁気センサ22から取得した第2の電気的信号との差分を出力し、その差分をデータベースとフィッティングさせることによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の存在する位置、太さ、磁性体と磁気センサとの距離、腐食箇所、破断の有無を特定することができる。

40

【0061】

次に、図3及び図4を用いて、本発明の第2の実施形態に係る磁性体検査方法を説明する。図4は、本発明の実施の形態に係る磁性体検査装置の変形例と、検査対象物の一例として鉄筋が埋設されたコンクリート構造物の断面を表す図である。

【0062】

本発明の第2の実施形態に係る磁性体検査方法とは、磁石10と、電気的信号を出力す

50

る磁気センサ 20 と、を有する磁性体検査装置 1 を用いた磁性体検査方法であって、検査対象である磁性体の存在下で前記磁気センサ 20 からの電氣的信号を取得するステップ T1 と、磁性体の非存在下で磁気センサ 20 からの電氣的信号を取得するステップ T2 と、ステップ T1 で取得された電氣的信号と、ステップ T2 で取得された電氣的信号との差分を出力するステップ T3 と、を有することを特徴とするものである。

【0063】

ステップ T1 で取得される電氣的信号は、検査対象である磁性体の存在下で取得されるもので、より詳細には、磁石 10 の磁界 12 の少なくとも一部が磁性体に収束している状態のもとで磁気センサ 20 から取得されるものである。

【0064】

ステップ T2 で取得される電氣的信号は、検査対象である磁性体の非存在下で取得されるもので、より詳細には、磁石 10 の磁界 12 が磁性体に収束していない状態のもとで磁気センサ 20 から取得されるものである。磁石 10 の磁界 12 が磁性体に収束していない状態とは、即ち、磁界が標準磁力線を呈する状態のことである。

【0065】

ステップ T3 は、ステップ T1 で取得された電氣的信号と、ステップ T2 で取得された電氣的信号との差分を出力するステップである。

【0066】

上記磁性体検査方法を実施する磁性体検査装置 1 が有する磁気センサは 1 つ以上であればよい。図 3 に示すような、磁気センサが 2 つ以上磁性体検査装置 1 に配置されている場合は、一の磁気センサ 20 (21) から磁性体の存在下で電氣的信号を取得するステップ T1 を実施し、他の磁気センサ 20 (22) から磁性体の非存在下で電氣的信号を取得するステップ T2 を実施する構成としてもよい。また、一の磁気センサ 20 (21) から磁性体の存在下で電氣的信号が取得され (ステップ T1)、当該磁気センサ 20 (21) から磁性体の非存在下での電氣的信号も取得される (ステップ T2) 構成としてもよい。一の磁気センサ 20 (21) から磁性体の存在下で電氣的信号を取得するステップ T1 を実施し、他の磁気センサ 20 (22) から磁性体の非存在下で電氣的信号を取得するステップ T2 を実施する場合は、ステップ T1 がステップ T2 よりも先に実施されてもよいし、ステップ T2 がステップ T1 よりも先に実施されてもよいし、ステップ T1 とステップ T2 が同時に実施されてもよい。図 3 に示すように、磁気センサが 2 つ配置されている磁性体検査装置 1 であっても、磁気センサを 1 つのみ使用する方法も考え得る。例えば、一の磁気センサ 20 (21) から磁性体の存在下で電氣的信号が取得され、当該磁気センサ 20 (21) から磁性体の非存在下での電氣的信号も取得される構成とすることができる。この場合は、ステップ T1 がステップ T2 よりも先に実施されてもよいし、ステップ T2 がステップ T1 よりも先に実施されてもよい。図 4 に示すような、磁気センサ 20 が 1 つのみ磁性体検査装置 1 に配置されている場合は、一の磁気センサ 20 が、磁性体の存在下で電氣的信号を取得し (ステップ T1)、当該磁気センサ 20 を磁性体の非存在下に移動させるなどした後に、当該磁気センサ 20 が磁性体の非存在下での電氣的信号も取得する (ステップ T2) 構成とすることができる。また、一の磁気センサ 20 が、磁性体の非存在下で電氣的信号を取得し (ステップ T2)、当該磁気センサ 20 を磁性体の存在下に移動させるなどした後に、当該磁気センサ 20 が磁性体の存在下での電氣的信号も取得する (ステップ T2) 構成とすることもできる。

【0067】

上記磁性体検査方法は、ステップ T1 で磁気センサ 20 から得られた電氣的信号とステップ T2 で磁気センサ 20 から得られた電氣的信号との差分を増幅するステップ T4 を有することが好ましい。例えば、差分を増幅するステップ T4 は、ステップ T3 よりも先に行うものとしてすることができる。即ち、ステップ T1 で磁気センサ 20 から得られた電氣的信号とステップ T2 で磁気センサ 20 から得られた電氣的信号との差分を増幅した後に出力する構成とすることができる。この場合、例えば、上記磁性体検査装置 1 に差検出部 30 として演算処理部 32 を設け、ステップ T1 で磁気センサ 20 から得られた電氣的信号

10

20

30

40

50

とステップT2で磁気センサ20から得られた電気的信号が演算処理部32においてデジタル信号に変換され、当該デジタル信号の差分が算出され、その差分が増幅されるように構成することができる。また、他の実施形態として、差分を増幅するステップT4は、ステップT3と同時に行うものとすることもできる。即ち、ステップT1で磁気センサ20から得られた電気的信号とステップT2で磁気センサ20から得られた電気的信号との差分を増幅すると同時に出力する構成としてもよい。ステップT4とステップT3とを同時に行うことで検査に要する時間を短くすることができる点で、当該実施形態は好ましい。この場合、例えば、上記磁性体検査装置1に差検出部30として差動増幅回路31を設け、ステップT1で磁気センサ20から得られた電気的信号とステップT2で磁気センサ20から得られた電気的信号が同時に差動増幅回路31に送られ、当該信号の差分が一定係数で増幅されると同時に出力されるように構成することができる。このように、ステップT1で磁気センサ20から得られた電気的信号とステップT2で磁気センサ20から得られた電気的信号との差分を増幅するステップT4を有することで、磁性体の検査精度を向上させることができる。

10

【0068】

上述したように、本発明の第2の実施形態に係る磁性体検査方法は、磁性体存在下で電気的信号を取得し、磁性体非存在下で電気的信号を取得し、その差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の存在する位置、破断の有無を特定することができる。

【0069】

20

上記磁性体検査方法は、上記磁性体検査装置1がデータベースが記憶されているメモリを有し、磁気センサ20から磁性体存在下で出力される電気的信号と、磁気センサ20から磁性体非存在下で出力される電気的信号との差分を上記メモリに記憶されているデータベースとフィッティングするステップT5を有する構成とすることができる。メモリに記憶されるデータベースとしては、例えば、標準サンプルと磁気センサとの間の距離が距離C2の状態、磁気センサ20から磁性体存在下で出力される電気的信号と、磁気センサ20から磁性体非存在下で出力される電気的信号との差分が測定され、標準サンプルの太さC1、標準サンプルと磁気センサとの距離C2、上記差分とが相互に結び付けられた状態で記憶されているものなどであればよい。ステップT5では、実際に検査対象物に対して上記磁性体検査装置1を使用しステップT1で得られた電気的信号とステップT2で得られた電気的信号との差分と、メモリに記憶されているデータベースと、をフィッティングする。ステップT5における差分とデータベースとのフィッティングの結果から、データベース上で差分データと結びつけられている標準サンプルの太さ及び標準サンプルと磁気センサとの距離を導き出すことができ、これによって検査対象物の内部に存在する磁性体の太さ及び磁性体と磁気センサとの距離を同定することができる。フィッティングの他の実施の形態として、モデル関数を利用する方法を採用することもできる。データベースをフィッティングできるモデル関数F1を作成し、当該モデル関数F1はモデル関数のフィッティングパラメータD1、D2がC1とC2に対して一意に決まるように設定する。さらに、D1、D2がそれぞれC1とC2の関数となるように再度モデル関数F21、F22を作ってモデル化する。検査対象物に対して測定を行い、その結果にフィッティングをかけるとパラメータD1、D2が得られる。そのパラメータをF21、F22を用いて逆演算することで、C1とC2と決定することができる。上記のようなフィッティングは、上記磁性体検査装置1に演算処理部や制御部をさらに設けることで実施されてもよい。

30

40

【0070】

上記のように、本発明の第2の実施形態に係る磁性体検査方法は、磁性体存在下で取得した電気的信号と、磁性体非存在下で取得した電気的信号との差分を出力し、その差分をデータベースとフィッティングさせることによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の存在する位置、太さ、磁性体と磁気センサとの距離、破断の有無を特定することができる。

【0071】

50

また、上記磁性体検査方法は、検査対象の磁性体から得られた差分、磁性体と磁気センサとの距離、太さを利用して、腐食している箇所を同定することもできる。これによって、磁性体と磁気センサとの距離や、磁性体の太さ、腐食箇所までも同定することが可能となる。また、上記では磁性体検査装置 1 にメモリを設けて、そこにデータベースを記憶させる方法を記載したが、他にも、データベース自体はパーソナルコンピュータに付随しているメモリや、外付けのメモリなど、他の機器に設けられているメモリなどに記憶させておくものとすることもできる。

【0072】

本発明の第3の実施形態に係る磁性体検査方法とは、磁石10と、電氣的信号を出力する磁気センサ20と、を有する磁性体検査装置1を用いた磁性体検査方法であって、磁気センサ20から第1の地点の電氣的信号を取得するステップ(ステップU1)と、磁気センサ20を第1の地点から第2の地点に移動させるステップ(ステップU2)と、磁気センサ20から第2の地点の電氣的信号を取得するステップ(ステップU3)と、第1の地点の電氣的信号と第2の地点の電氣的信号との差分を出力するステップ(ステップU4)と、を有することを特徴とするものである。

10

【0073】

ステップU1は、磁気センサ20から第1の地点の電氣的信号を取得するものである。第1の地点は、磁性体存在下での電氣的信号を取得することができる地点であることが好ましい。より詳細には、第1の地点は、磁石10の磁界12の少なくとも一部が磁性体に収束している状態を測定できる地点であることが好ましい。

20

【0074】

ステップU2では、磁気センサ20を第1の地点から第2の地点に移動させる。第2の地点は、第1の地点以外の場所であればよいが、第2の地点は、磁性体非存在下での電氣的信号を取得することができる地点であることが好ましい。より詳細には、第2の地点は、磁石10の磁界12が磁性体に収束していない状態を測定できる地点であることが好ましい。磁石10の磁界12が磁性体に収束していない状態とは、即ち、磁界が標準磁力線を呈する状態のことである。

【0075】

ステップU3は、磁気センサ20から第2の地点の電氣的信号を取得するものである。

【0076】

ステップU4では、第1の地点の電氣的信号と第2の地点の電氣的信号との差分を出力する。

30

【0077】

なお、上記実施形態では、第1の地点を磁性体存在下の磁界を測定できる地点とし、第2の地点を磁性体非存在下の磁界を測定できる地点とすることができる旨を記載したが、第1の地点を磁性体非存在下の磁界を測定できる地点とし、第2の地点を磁性体存在下の磁界を測定できる地点とすることもできる。

【0078】

上記磁性体検査方法は、磁気センサ20から第1の地点の電氣的信号を取得するステップ(ステップU1)よりも前に、磁気センサ20を第1の地点に配置するステップ(ステップU0)を有していてもよい。

40

【0079】

上記磁性体検査方法を実施する磁性体検査装置が有する磁気センサ20は1つ以上であればよい。例えば、一の磁気センサ20が第1の地点の電氣的信号を取得するステップ(ステップU1)、第1の地点から第2の地点に移動させるステップ(ステップU2)、第2の地点の電氣的信号を取得するステップ(ステップU3)を実施する構成とすることができる。これとは異なる実施形態として、例えば、複数の磁気センサ20がそれぞれステップU1、ステップU2、ステップU3を実施する構成としてもよい。また、磁気センサ20を複数用いる場合は、第1の地点はそれぞれの磁気センサ20ごとに異なる位置であることが好ましく、第2の地点もそれぞれの磁気センサ20ごとに異なる位置であること

50

が好ましい。当該構成とすることで、上記磁性体検査方法による検査精度を向上させることができる。

【0080】

上記磁性体検査方法は、第1の地点の電気的信号と第2の地点の電気的信号との差分を増幅するステップU5を有することが好ましい。例えば、差分を増幅するステップU5は、ステップU4よりも先に行うものとすることができる。即ち、第1の地点で得られた電気的信号と第2の地点で得られた電気的信号との差分を増幅した後に出力する構成とすることができる。この場合、例えば、上記磁性体検査装置1に差検出部30として演算処理部32を設け、ステップU1で磁気センサ20から得られた第1の地点の電気的信号とステップU3で磁気センサ20から得られた第2の地点の電気的信号が演算処理部32においてデジタル信号に変換され、当該デジタル信号の差分が算出され、その差分が増幅されるように構成することができる。また、他の実施形態として、差分を増幅するステップU5は、ステップU4と同時に行うものとすることができる。即ち、ステップU1で磁気センサ20から得られた第1の地点の電気的信号とステップU3で磁気センサ20から得られた第2の地点の電気的信号との差分を増幅すると同時に出力する構成とすることもできる。ステップU5とステップU4とを同時に行うことで、検査に要する時間を短くすることができる点で、当該実施形態は好ましい。この場合、例えば、上記磁性体検査装置1に差検出部30として差動増幅回路31を設け、ステップU1で磁気センサ20から得られた第1の地点の電気的信号とステップU3で磁気センサ20から得られた第2の地点の電気的信号が同時に差動増幅回路31に送られ、当該信号の差分が一定係数で増幅されると同時に出力されるように構成することができる。このように、第1の地点の電気的信号と第2の地点の電気的信号との差分を増幅するステップU5を有することで、磁性体の検査精度を向上させることができる。

【0081】

上記のように、本発明の第3の実施形態に係る磁性体検査方法は、第1の地点の電気的信号と、第2の地点の電気的信号との差分を出力することによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の存在する位置、破断の有無を特定することができる。

【0082】

上記磁性体検査方法は、上記磁性体検査装置1がデータベースが記憶されているメモリを有し、磁気センサ20から第1の地点で取得された電気的信号と磁気センサ20から第2の地点で取得された電気的信号との差分を、上記メモリに記憶されているデータベースとフィッティングするステップU6を有する構成とすることができる。メモリに記憶されるデータベースとしては、例えば、標準サンプルと磁気センサとの距離C2の状態、当該標準サンプルの第1の地点で磁気センサ20から出力される電気的信号と、第2の地点で磁気センサ20から出力される第2の電気的信号との差分が測定され、標準サンプルの太さC1、標準サンプルと磁気センサとの距離C2、上記差分とが相互に結び付けられた状態で記憶されているものなどであればよい。ステップU6では、実際に検査対象に対して上記磁性体検査装置1を使用しステップU1で得られた電気的信号とステップU3で得られた電気的信号との差分と、メモリに記憶されているデータベースと、をフィッティングする。ステップU6における差分とデータベースとのフィッティングの結果から、データベース上で差分データと結びつけられている標準サンプルの太さ及び標準サンプルと磁気センサとの距離を導き出すことができ、これによって検査対象の磁性体の太さ及び検査対象の磁性体と磁気センサとの距離を同定することができる。フィッティングの他の実施の形態として、モデル関数を利用する方法を採用することもできる。データベースをフィッティングできるモデル関数F1を作成し、当該モデル関数F1はモデル関数のフィッティングパラメータD1、D2がC1とC2に対して一意に決まるように設定する。さらに、D1、D2がそれぞれC1とC2の関数となるように再度モデル関数F21、F22を作ってモデル化する。検査対象物に対して測定を行い、その結果にフィッティングをかけるとパラメータD1、D2が得られる。そのパラメータをF21、F22、を用いて逆演算することで、C1とC2と決定することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

上記のようなフィッティングは、上記磁性体検査装置 1 に演算処理部や制御部をさらに設けることで実施されてもよい。また、上記では磁性体検査装置 1 にメモリを設けて、そこにデータベースを記憶させる形態を記載したが、他にも、データベース自体はパーソナルコンピューターに付随しているメモリや、外付けのメモリなど、他の機器に設けられているメモリなどに記憶させておくものとすることもできる。

【 0 0 8 4 】

上記のように、本発明の第 3 の実施形態に係る磁性体検査方法は、第 1 の地点の電気的信号と第 2 の地点の電気的信号との差分を出力し、その差分をデータベースとフィッティングさせることによって、非磁性体の内部に存在している磁性体の存在する位置、太さ、磁性体と磁気センサとの距離、腐食箇所及び破断の有無を特定することができる。

10

【 0 0 8 5 】

また、上記磁性体検査方法は、検査対象の磁性体から得られた差分、磁性体と磁気センサとの距離、太さを利用して、腐食している箇所を同定することもできる。これによって、磁性体と磁気センサとの距離や、磁性体の太さ、破断箇所、腐食箇所までも同定することが可能となる。

【 0 0 8 6 】

本願は、2020年6月9日に出願された日本国特許出願第2020-100072号に基づく優先権の利益を主張するものである。2020年6月9日に出願された日本国特許出願第2020-100072号の明細書の全内容が、本願に参考のため援用される。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 8 7 】

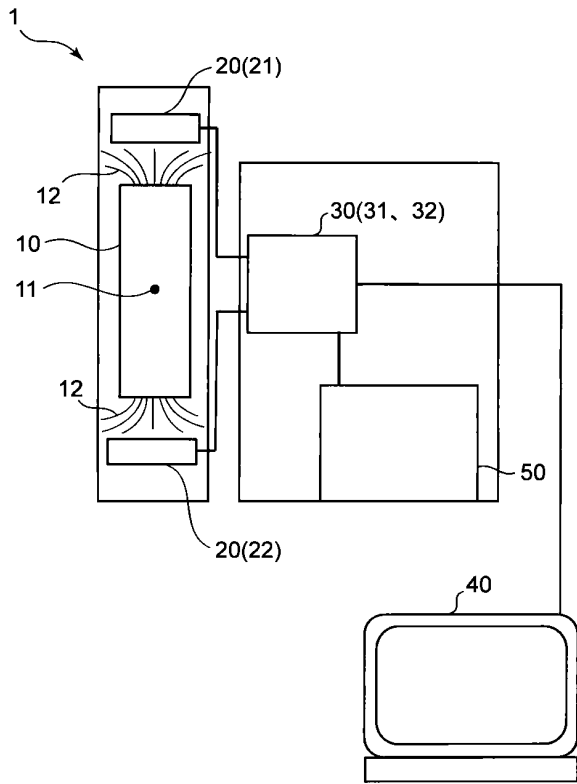
- 1 : 磁性体検査装置
- 10 : 磁石
- 11 : 重心
- 12 : 磁界
- 20 : 磁気センサ
- 21 : 第1の磁気センサ
- 22 : 第2の磁気センサ
- 30 : 差検出部
- 31 : 差動増幅回路
- 32 : 演算処理部
- 40 : パーソナルコンピューター
- 50 : 電源部
- 60 : 表示部
- 70 : 検査対象物
- 71 : 鉄筋
- 72 : コンクリート構造物
- L1 : 第1の磁気センサと磁石とを結ぶ線分
- L2 : 第2の磁気センサと磁石とを結ぶ線分

30

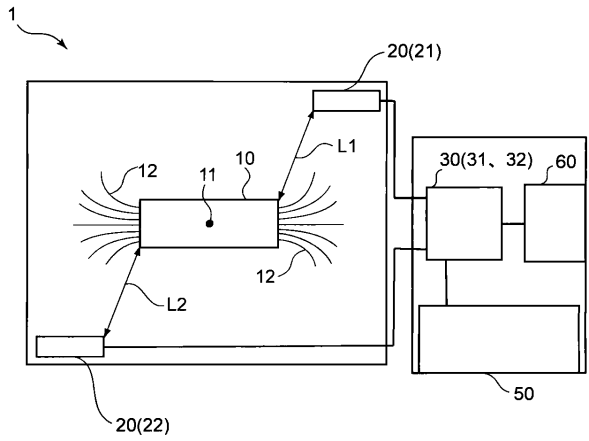
40

【図面】

【図 1】



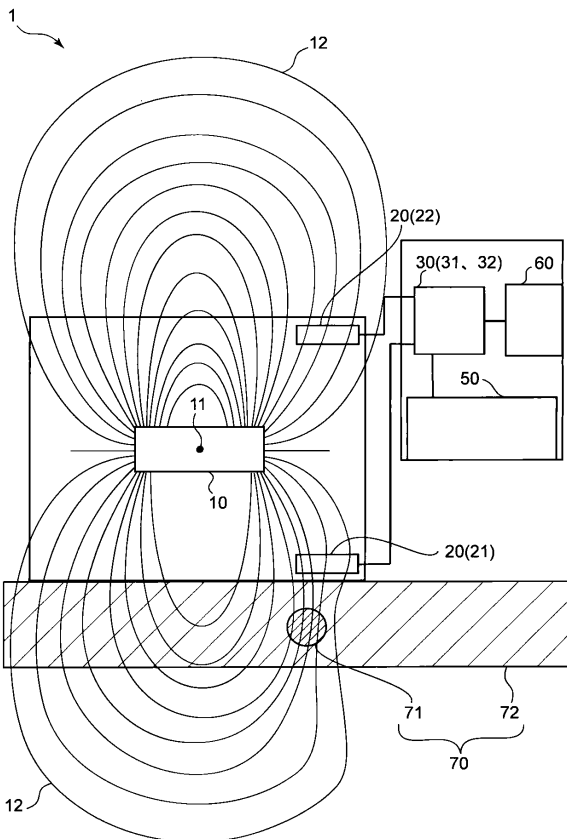
【図 2】



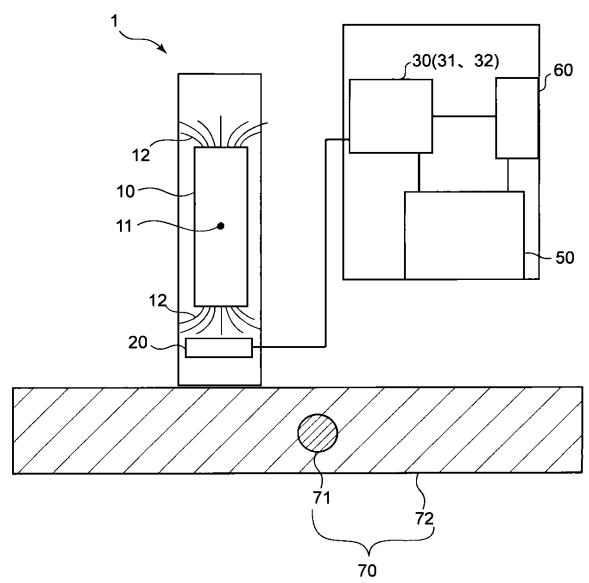
10

20

【図 3】



【図 4】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭62-006158(JP,A)
特開2009-204364(JP,A)
特開2006-177747(JP,A)
特開2005-292111(JP,A)
特開2005-148049(JP,A)
特開昭62-006157(JP,A)
中国実用新案第204255900(CN,U)
国際公開第2017/158898(WO,A1)
特開2005-030872(JP,A)
特開昭59-120980(JP,A)
実開昭61-000058(JP,U)
特開2003-106806(JP,A)
実開平02-131656(JP,U)
特開2005-127963(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01N 27/72 - G01N 27/9093