

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02019/054158

発行日 令和2年10月22日 (2020.10.22)

(43) 国際公開日 平成31年3月21日 (2019.3.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**GO 1 N 27/83 (2006.01)** GO 1 N 27/83 2 GO 5 3

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

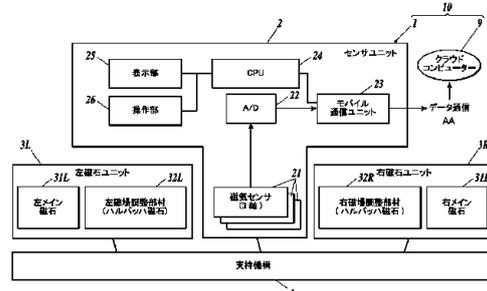
出願番号 特願2019-541973 (P2019-541973)	(71) 出願人 000001270 コニカミノルタ株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号
(21) 国際出願番号 PCT/JP2018/031295	
(22) 国際出願日 平成30年8月24日 (2018.8.24)	
(31) 優先権主張番号 特願2017-175388 (P2017-175388)	(74) 代理人 110001254 特許業務法人光陽国際特許事務所
(32) 優先日 平成29年9月13日 (2017.9.13)	
(33) 優先権主張国・地域又は機関 日本国 (JP)	(72) 発明者 丸山 一直 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
	(72) 発明者 森田 博 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内
	(72) 発明者 橋本 好之 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非破壊検査装置、非破壊検査システム及び非破壊検査方法

(57) 【要約】

測定対象物の外部から発生し同測定対象物を經由した磁場の磁気センサによる検出精度を向上し、非破壊検査の検査精度を向上する。非破壊検査装置1は、一方の磁場印加ユニット(3L)、磁気センサ21、他方の磁場印加ユニット(3R)の順でこれらが配列し、同配列に隣接し同配列と同方向に延在した測定対象物に対し、これらの磁場印加ユニットから互いに逆極性の磁場を印加して磁気回路を形成した状態の同測定対象物からの磁場を磁気センサで検知する構成を有し、磁場印加ユニットのそれぞれは、主にハルバツハ配列の磁石を磁場調整部材として磁気センサ側に配置することで、測定対象物に印加する磁場に対して、磁気センサに向かう磁場が低減されている。



- 2 Sensor unit
- 3L Left magnet unit
- 3R Right magnet unit
- 4 Support mechanism
- 9 Cloud computer
- 21 Magnetic sensor (3 axes)
- 23 Mobile communication unit
- 25 Display unit
- 26 Operation unit
- 31L Left main magnet
- 31R Right main magnet
- 32L Left magnetic field adjusting member (Halbach magnet)
- 32R Right magnetic field adjusting member (Halbach magnet)
- AA Data communication

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

非磁性体に内包される磁性材料を測定対象物とした非破壊検査装置であって、一方の磁場印加ユニット、磁気センサ、他方の磁場印加ユニットの順でこれらが配列し、同配列に隣接し同配列と同方向に延在した測定対象物に対し、前記一方の磁場印加ユニット及び前記他方の磁場印加ユニットから互いに逆極性の磁場を印加して磁気回路を形成した状態の同測定対象物からの磁場を前記磁気センサで検知する構成を有し、前記磁場印加ユニットのそれぞれは、前記測定対象物に印加する磁場に対して、前記磁気センサに向かう磁場が低減されている非破壊検査装置。

**【請求項 2】**

前記磁場印加ユニットのそれぞれは、前記測定対象物に印加する磁場を発生させるためのメイン磁石を有し、前記メイン磁石によって発生した磁場成分のうち、前記磁気センサに向かう磁場成分を低減する効果をもつ磁場調整部材を前記メイン磁石と前記磁気センサの間に配置した構成を有する請求項 1 に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 3】**

前記磁場調整部材は、磁気方向を異ならせた 3 個以上の磁石を組み合わせたハルバッハ配列の磁石であり、当該ハルバッハ配列の磁石は、ハルバッハ配列の効果による強磁場側面を前記メイン磁石側に対向させ、弱磁場側面を磁気センサ側に対向させて配置されている請求項 2 に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 4】**

前記一方の磁場印加ユニットと前記他方の磁場印加ユニットとは、前記磁気センサに対する配置の入れ替わりが可能にされ、同入れ替わりにより前記測定対象物に形成する磁気回路の極向きが反転可能とされた請求項 1 から請求項 3 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 5】**

前記一方の磁場印加ユニット、前記磁気センサ、前記他方の磁場印加ユニットが直線上に配置されている請求項 1 から請求項 4 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 6】**

前記配列の前記測定対象物に隣接する面に平行で、前記一方の磁場印加ユニットと前記他方の磁場印加ユニットとを結ぶ仮想線に直交する幅方向に、前記磁気センサと前記一方の磁場印加ユニット及び前記他方の磁場印加ユニットとを、相対的にスライドさせることが可能なスライド機構を有する請求項 1 から請求項 5 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 7】**

前記配列の前記測定対象物に隣接する面に垂直な方向の前記磁場調整部材及び前記メイン磁石の厚み寸法が互いに同じである請求項 2 又は請求項 3 に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 8】**

前記磁気センサは、ライン状、千鳥配列を含む所定の配列に並べられた複数からなる請求項 1 から請求項 7 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 9】**

前記磁気センサは、互いに直交する 3 軸方向の磁場成分を検知可能な 3 軸センサ又は同 3 軸方向にセンサ軸がそれぞれ配置された 3 つの 1 軸センサにより構成されている請求項 1 から請求項 8 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 10】**

前記磁気センサは、トンネル型磁気抵抗センサ（TMRセンサ）である請求項 1 から請求項 9 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置。

**【請求項 11】**

請求項 1 から請求項 10 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置と、情報処理装置とを備え、

前記情報処理装置は、前記非破壊検査装置から受けた測定情報に基づき前記測定対象物の

10

20

30

40

50

異常を判定する非破壊検査システム。

【請求項 1 2】

前記非破壊検査装置は前記測定対象物の前記磁気センサに対向した測定面における 2 次元磁場分布を示す面データを前記情報処理装置に出力し、  
前記情報処理装置は、前記面データに基づき前記測定対象物の異常を判定する請求項 1 1 に記載の非破壊検査システム。

【請求項 1 3】

請求項 1 から請求項 1 0 のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置を用いて、前記測定対象物を前記磁気センサに対向させ、前記測定対象物の前記磁気センサに対向した測定面における 2 次元磁場分布を示す面データを得て、  
前記面データに基づき前記測定対象物の異常を判定する非破壊検査方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気を利用した非破壊検査に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気を利用した非破壊検査の応用範囲としては、コンクリートやゴム等の非磁性体材料に内包された鉄筋や鋼棒、ワイヤー等の磁性材料の腐食や劣化による破断の診断、特に、道路や鉄道の橋桁や橋脚、床版内の PC 鋼材や鉄筋の破断診断が挙げられる。

20

従来の磁気を用いたコンクリート内部の鉄筋や PC 鋼材の破断判定を非破壊で行う技術として、漏洩磁束法による検査装置が提案されている。

従来の磁気非破壊検査システムでは、測定対象物に磁気回路を形成した状態での磁気測定は、磁気回路生成用磁石が作り出す大きな磁場に測定対象物の破断部位に生じる小さな磁場変化が埋もれてしまうために判定が困難であるとして、「着磁」と「測定」を分離した 2 ステップ工程による測定対象物の残留磁束を利用する方法が採用されている。

例えば特許文献 1 には、「着磁」と「測定」の 2 ステップによる方法として、永久磁石による着磁後、磁石を撤去し、長手方向に離間配置された一対のセンサを鉄筋長手方向に走査し、2 センサの計測値の差分より微分値を求めて判定する技術が記載されている。

【0003】

30

この測定対象物の残留磁束を利用する方法では、測定対象物の破断面に生じる磁場変化が小さいため、測定対象物のかぶり（埋没深さ）が深い場合に破断部位に生じる磁場変化を捉え難いという課題があった。

それに対して測定対象物である鉄筋や PC 鋼材等に磁気回路を形成した状態であれば、従来の残留磁束を利用する従来の方法に比べて、測定対象物の破断部位に大きな磁場変化を発生させることができる為、測定対象物のかぶり（埋没深さ）が深い場合でも、破断部位に生じる磁場変化を捉え易いという効果がある。

例えば特許文献 2 には、測定対象物に磁気回路を形成した状態での磁気測定方法として、極性の異なる 1 対の磁石を対向して配置し、対磁石の磁場が均衡によりゼロになる位置に磁気センサを設ける技術が記載されている。同技術では、被検出物（鉄筋）に磁気回路を形成した状態で、鉄筋長手方向に移動させながら検査を行って鉄筋破断判定をする。破断がある側の磁力が小さくなり均衡が崩れることを判定原理とする。特許文献 2 に記載の技術では、磁気センサを設ける位置が限定されてしまい、複数の磁気センサを配列した磁気センサレイを設置できない。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 3 7 3 4 8 2 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 4 - 2 7 9 3 7 2 号公報

【発明の概要】

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、「磁気回路形成」と「測定」を同時に行う構成の装置及び方法では、測定対象物に磁気回路を形成するための磁気回路生成用磁石が発生する磁力が磁気センサに与える磁場が大きく、それに対して測定対象物の破断部位で発生する磁場が磁気センサに与える磁場が小さいため、前述の磁気回路生成用磁石による磁場に測定対象物の破断部位で発生する磁場成分が埋もれてしまうため判定が困難になってしまうという課題がある。

なお、上掲の特許文献2に記載の技術では、上記「ゼロになる位置」以外に配置した磁気センサによると、磁気回路生成用磁石による磁場に測定対象物の破断部位で発生する磁場成分が埋もれてしまうため判定が困難になってしまうという課題が依然として存在する。

10

**【0006】**

本発明は以上の従来技術における問題に鑑みてなされたものであって、測定対象物の外部から発生し同測定対象物を經由した磁場の磁気センサによる検出精度を向上し、非破壊検査の検査精度を向上することを課題とする。

**【課題を解決するための手段】****【0007】**

以上の課題を解決するための請求項1記載の発明は、非磁性体に内包される磁性材料を測定対象物とした非破壊検査装置であって、

一方の磁場印加ユニット、磁気センサ、他方の磁場印加ユニットの順でこれらが配列し、同配列に隣接し同配列と同方向に延在した測定対象物に対し、前記一方の磁場印加ユニット及び前記他方の磁場印加ユニットから互いに逆極性の磁場を印加して磁気回路を形成した状態の同測定対象物からの磁場を前記磁気センサで検知する構成を有し、前記磁場印加ユニットのそれぞれは、前記測定対象物に印加する磁場に対して、前記磁気センサに向かう磁場が低減されている非破壊検査装置である。

20

**【0008】**

請求項2記載の発明は、前記磁場印加ユニットのそれぞれは、前記測定対象物に印加する磁場を発生させるためのメイン磁石を有し、前記メイン磁石によって発生した磁場成分のうち、前記磁気センサに向かう磁場成分を低減する効果をもつ磁場調整部材を前記メイン磁石と前記磁気センサの間に配置した構成を有する請求項1に記載の非破壊検査装置である。

30

**【0009】**

請求項3記載の発明は、前記磁場調整部材は、磁気方向を異ならせた3個以上の磁石を組み合わせたハルバッハ配列の磁石であり、当該ハルバッハ配列の磁石は、ハルバッハ配列の効果による強磁場側面を前記メイン磁石側に対向させ、弱磁場側面を磁気センサ側に対向させて配置されている請求項2に記載の非破壊検査装置である。

**【0010】**

請求項4記載の発明は、前記一方の磁場印加ユニットと前記他方の磁場印加ユニットとは、前記磁気センサに対する配置の入れ替わりが可能にされ、同入れ替わりにより前記測定対象物に形成する磁気回路の極向きが反転可能とされた請求項1から請求項3のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置である。

40

**【0011】**

請求項5記載の発明は、前記一方の磁場印加ユニット、前記磁気センサ、前記他方の磁場印加ユニットが直線上に配置されている請求項1から請求項4のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置である。

**【0012】**

請求項6記載の発明は、前記配列の前記測定対象物に隣接する面に平行で、前記一方の磁場印加ユニットと前記他方の磁場印加ユニットとを結ぶ仮想線に直交する幅方向に前記磁気センサを、前記一方の磁場印加ユニットと前記他方の磁場印加ユニットとに対して相対的にスライドさせることが可能なスライド機構を有する請求項1から請求項5のうちい

50

ずれか一に記載の非破壊検査装置である。

【0013】

請求項7記載の発明は、前記配列の前記測定対象物に隣接する面に垂直な方向の前記磁場調整部材及び前記メイン磁石の厚み寸法が互いに同じである請求項2又は請求項3に記載の非破壊検査装置である。

【0014】

請求項8記載の発明は、前記磁気センサは、ライン状、千鳥配列を含む所定の配列に並べられた複数からなる請求項1から請求項7のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置である。

【0015】

請求項9記載の発明は、前記磁気センサは、互いに直交する3軸方向の磁場成分を検知可能な3軸センサ又は同3軸方向にセンサ軸がそれぞれ配置された3つの1軸センサにより構成されている請求項1から請求項8のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置である。

【0016】

請求項10記載の発明は、前記磁気センサは、トンネル型磁気抵抗センサ(TMRセンサ)である請求項1から請求項9のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置である。

【0017】

請求項11記載の発明は、請求項1から請求項10のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置と、情報処理装置とを備え、前記情報処理装置は、前記非破壊検査装置から受けた測定情報に基づき前記測定対象物の異常を判定する非破壊検査システムである。

【0018】

請求項12記載の発明は、前記非破壊検査装置は前記測定対象物の前記磁気センサに対向した測定面における2次元磁場分布を示す面データを前記情報処理装置に出力し、前記情報処理装置は、前記面データに基づき前記測定対象物の異常を判定する請求項11に記載の非破壊検査システムである。

【0019】

請求項13記載の発明は、請求項1から請求項10のうちいずれか一に記載の非破壊検査装置を用いて、前記測定対象物を前記磁気センサに対向させ、前記測定対象物の前記磁気センサに対向した測定面における2次元磁場分布を示す面データを得て、前記面データに基づき前記測定対象物の異常を判定する非破壊検査方法である。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、磁場印加ユニットから磁気センサに向かう磁場が低減されているので、測定対象物の外部、すなわち、磁場印加ユニットから発生し同測定対象物を経由した磁場の磁気センサによる検出精度を向上し、非破壊検査の検査精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の一実施形態に係る非破壊検査システムの全体構成図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る非破壊検査装置の全体外観図である。

【図3A】残留磁束による磁界の強度を示した模式図である。

【図3B】磁気回路による発生磁界の強度を示した模式図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る非破壊検査装置による測定状態の模式図である。

【図5】比較例に係り、磁気センサへの磁石磁場の影響の様子を説明するための模式図である。

【図6】本発明の一実施形態に係る非破壊検査装置におけるセンサ領域への磁場低減効果を説明するための模式図である。

【図7A】比較例に係る組合せ磁石とその磁力線を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 7 B】ハルパツ八配列の磁石とその磁力線を示す模式図である。

【図 8 A】本発明の一実施形態に係る左磁石ユニット（左磁場印加ユニット）の模式図である。

【図 8 B】本発明の一実施形態に係る右磁石ユニット（右磁場印加ユニット）の模式図である。

【図 9】別構成例の非破壊検査装置の全体外観図である。

【図 10】本発明の一実施形態に係るセンサユニットに備えられる面データ作成に使用する回路のブロック図である。

【図 11】本発明の一実施形態に係る非破壊検査装置の処理及び非破壊検査方法の基本検査フローである。

10

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下に本発明の一実施形態につき図面を参照して説明する。以下は本発明の一実施形態であって本発明を限定するものではない。

【0023】

図 1 に本発明の一実施形態に係る非破壊検査システムの全体構成図を示す。

図 1 に示すように本実施形態の非破壊検査システム 10 は非破壊検査装置 1 とクラウドコンピュータ 9 からなり、本実施形態の非破壊検査装置 1 は主に 4 つのブロックから構成されている。中心を担うセンサユニット 2 は磁気測定するためのブロックで、複数の磁気センサ 21 を搭載している。磁気センサ 21 は測定対象物方向からの 1 軸方向の磁場成分を検知する 1 軸センサでもよいが、磁気センサ周囲の 3 次元磁場分布を得ることができる 3 軸センサであることがより好ましい。磁気センサ 21 には半導体センサであるホール素子や磁気抵抗センサである MR センサ、MI センサ、TMR センサ（トンネル型磁気抵抗センサ）などが知られているが、より高感度な TMR センサ（トンネル型磁気抵抗センサ）を適用することが好ましい。TMR センサ（トンネル型磁気抵抗センサ）は磁気によって抵抗値が変化する素子で、抵抗ブリッジ回路組むことで磁気を電圧に変換して出力することができる。

20

【0024】

磁気センサ 21 で生じた電圧を A/D 部 22 でデジタル値に変換し、モバイル通信ユニット部 23 を介して、測定データを外部に送信する。センサユニット 2 には全体制御する CPU 24 の他、表示部 25 や操作部 26 も備わっている。送信されたデータは、本システムの情報処理装置の一例であるクラウドコンピュータ 9 で判定アルゴリズムにかけられ、測定対象物の状態判定がなされる。

30

【0025】

本実施形態においては、一方の磁場印加ユニットと他方の磁場印加ユニットは、左磁石ユニット 3L と右磁石ユニット 3R に相当する。特段左右の区別は無く、名称は図面上の左右による。

左磁石ユニット 3L と右磁石ユニット 3R は基本的に左右対称の構造で、それぞれメイン磁石 31L, 31R と磁場調整部材 32L, 32R で構成されている。

左右のメイン磁石 31L, 31R の極性は逆で、測定対象物の対向面であるメイン磁石 31L, 31R の下面は、左右のうち一方が N 極で他方が S 極である。磁場調整部材 32L, 32R はハルパツ八配列に磁石を組み合わせたものが採用される。

40

【0026】

センサユニット 2 と左右の磁石ユニット 3L, 3R は支持機構 4 で連結され保持される。

支持機構 4 は単にセンサユニット 2 と左右の磁石ユニット 3L, 3R を保持するだけでなく、センサユニット 2 と左右の磁石ユニット 3L, 3R を相対的にスライドさせる機構を有し、異なった相対位置での磁気測定を可能にする。

【0027】

図 2 に本実施形態の非破壊検査装置 1 の全体外観図を示す。

50

図2に示すように支持機構4の中央部にセンサユニット2が配置され、幅方向Xにセンサユニット2がスライド可能な構成になっている。左右の磁石ユニット3L, 3Rは支持機構4の中央部のY方向の両端に配置される。また支持機構4にはグリップ41が設けられ、非破壊検査装置1全体を運んだり、測定対象物にあてがったりする際に非破壊検査装置1全体を安定に保持できるようになっている。

#### 【0028】

図3A, Bに残留磁束による磁界と磁気回路による発生磁界の強度を比較した模式図を示す。

図3Aは従来の着磁と計測を別に行う2ステップ手順の着磁後の状態を模したものである。測定対象物8は、磁性材料である鉄筋鋼棒またはPC鋼材を想定し、中央部にギャップ1cm程度の破断が生じている状態を想定する(周りの非磁性体(コンクリート)を不図示とする。以下同じ)。

測定対象物8は着磁によって磁気を帯びた弱い棒磁石状態となる。図3A, Bでは左端部がN極、右端部側がS極に着磁され、破断部位のギャップ部ではN極端部からS極端部への左向きの磁気ループ状の漏洩磁場が発生する。しかしながら図3Aの従来の着磁と計測を別に行う方法では、測定対象物8の残留磁気特性に委ねられ、磁石材料ではない一般的な鉄材の場合は非常に弱い磁気しか放せず、生成される漏洩磁場の磁束密度も小さいものとなる。

#### 【0029】

図3Bは本発明の測定原理に係る磁気回路を形成している状態を模したものである。

測定対象物8は同じく、鉄筋鋼棒またはPC鋼材を想定し、中央部にギャップ1cm程度の破断が生じている状態を想定する。測定対象物8は左右端の上方に配置された磁石ユニット3L, 3Rの磁気により、測定対象物8の内部に磁気回路が形成された状態となっている。右磁石ユニット3RのN極から放たれた磁気は、磁性体である測定対象物8に集まってその内部を通過したのち、左磁石ユニット3LのS極に流れてゆく。図3Aと同様、途中の破断部位のギャップ部ではN極端部からS極端部への左向きの磁気ループ状の漏洩磁場が発生する。但し、磁気回路によって測定対象物8内に流れる磁束量は、残留磁束による磁束量に比べて大きい為、破断ギャップ部の磁束密度も大きくなり、結果として破断ギャップ部の生じる磁気ループ状の漏洩磁場も強いものとなる。

#### 【0030】

例えば、測定対象物8として長さ1m直径16mmの2本の鉄筋異形鋼棒を、破断部位を想定してギャップ1mm程度離して長手方向に対向させ、かぶり300mm位置を想定して磁石ユニット3L, 3Rを配置する。各磁石ユニット3L, 3Rとしては、52mm×52mm×25mmのネオジム磁石の1面にヨーク材として52mm×52mm×25mmの低炭素鋼を接触一体化させたものを適用し、磁石ユニット3L, 3Rを異形鋼棒の破断部位から長手方向(Y方向)にそれぞれ左右25cmの位置の300mm上方に配置して磁気回路を形成する。この場合、その磁気回路が形成された図3Bに示すような状態での破断部位のギャップ部断面に中央部には、およそ16mTの磁束密度が生じる。この状態から磁石ユニット3L, 3Rを撤去して図3Aに示すような状態とすると、異形鋼棒の破断部位のギャップ部断面に中央部には、異形鋼棒の残留磁気特性により一定の磁束密度の生成が残るが、その値はおよそ2mTの磁束密度が生じるに過ぎない。

#### 【0031】

このように磁気回路を形成する方法は残留磁束を利用する方法に比べて、破断部位に大きな漏洩磁束を発生させることができる。

よって本発明では、測定対象物8に磁気回路を形成する方法を用いることで深かぶりの測定対象物8の非破壊検査を可能とする。例えば従来の着磁と測定を2ステップで行う漏洩磁束法を利用した装置では、漏洩磁束が微弱なため、測定対象物8の破断判定が可能なかぶり深さは200mm程度が限界であった。それに対して、本発明の磁気回路を形成する方法では、漏洩磁束が強い為、200mmを超えるかぶりにおいても破断検知が可能となる。

10

20

30

40

50

また、一般的には鉄筋鋼棒の様な粗鉄材に比べ、高い緊張力が求められるPC鋼材は残留磁気特性が小さいことも分かっており、深かぶり位置に配置されることの多いPC鋼材の破断判定には、本発明の磁気回路を形成させながら破断判定を行う方法が好ましい。

#### 【0032】

図4に本実施形態の非破壊検査装置1の測定状態の模式図を示す。

図4は、中央にセンサユニット2、左右に磁石ユニット3L、3Rを配置した模式図となっており、それらが測定対象物8の近傍に隣接設置され、磁気回路を形成している様子を示す。すなわち、磁石ユニット3L、磁気センサ21、磁石ユニット3Rの順でこれらが配列し、同配列に隣接し同配列と同方向(Y方向)に延在した測定対象物8に対し、磁石ユニット3L、3Rから互いに逆極性の磁場を印加して磁気回路を形成した状態であり、この状態で測定対象物8からの磁場を磁気センサ21で検知する構成である。なお、測定対象物のY方向に延在する方向は、その物の長手方向である場合に限らず、帯状物などの幅方向をY方向とする場合でも左右の磁石ユニット3L、3Rに対向する程度に長ければ測定可能である。

10

図4に示す例では、測定対象物8である棒状の磁性材料として主鉄筋(PC鋼材)がセンサユニット2、磁石ユニット3L、3Rの下方に配置され、一方の磁石ユニット(3R)が発生する磁気が主鉄筋の中を通過してもう一方の磁石ユニット(3L)に流れ込む磁気回路が形成されている。

#### 【0033】

測定対象物8の主鉄筋はセンサユニット2の下方に破断部位があれば、破断部位にS極とN極の端面が発生し、破断部位の周囲にループ状の磁場が発生する。

20

センサユニット2の磁気センサ21は、この主鉄筋の破断部位に生じる磁気ループの乱れを1軸センサなら上下方向(Z方向)、3軸センサなら上下、左右、前後方向(X・Y・Z方向)の磁場成分を検出する。図示しないが、主鉄筋に破断がない場合、破断部位に生じる磁気ループの乱れも生じない為、磁気センサ21は乱れを検出しない。なお、磁気センサ21として3軸センサを適用する場合、互いに直交する3軸方向の磁場成分を検知可能な3軸センサが好ましいが、同3軸方向にセンサ軸がそれぞれ配置された3つの1軸センサの複合により構成されていてもよい。

図4では主鉄筋(8)と並行して交差鉄筋(スターラップ)7が配置されているが、磁気回路に平行に配置されている為、測定に支障となるほどの大きな磁場の乱れが生じることはない。

30

#### 【0034】

図5と図6に、本発明の測定原理を説明するための磁気センサ21への磁石磁場の影響の様子を説明するための模式図を示す。

図5は比較例の構成を示したもので、磁気センサ21の左右に通常のメイン磁石31L、31Rが配置されている。左メイン磁石31Lは底面側がS極、上面側がN極となっており、磁石内部では底面側から上面側方向に向かって磁束が発生する。磁石の外側ではN極の上面から放出された磁気がループを描くように底面のS極に戻る。磁石の底面では上向き磁場が発生する。右メイン磁石31Rはその逆で底面側がN極、上面側がS極となっており、磁石内部では上面側から底面側方向に向かって磁束が発生する。磁石の外側ではN極の底面から放出された磁気がループを描くように上面のS極に戻る。磁石の底面では下向き磁場が発生する。

40

#### 【0035】

図5に示した比較例の場合、左右のメイン磁石31L、31Rの周囲に発生する外部磁場は磁気センサ21にも、左メイン磁石31Lに近い位置では下向き方向の強い磁場に曝され、右メイン磁石31Rに近い位置では上向き方向の強い磁場に曝される。本実施形態の非破壊検査装置1では、測定対象物の破断部位で発生する微小な磁場変化を捉える必要がある為、このように磁気センサ21が磁石の直接磁場に曝されることは好ましくないため、図6のように構成する。

#### 【0036】

50

図6に本実施形態の非破壊検査装置1におけるセンサ領域への磁場低減効果を説明するための模式図を示す。図5の比較例と同様、磁気センサ21の左右に通常のメイン磁石31L, 31Rが配置されており、左右各々のメイン磁石31L, 31Rと磁気センサ21の間に磁場調整部材32L, 32Rが配置されている。左メイン磁石31Lの外側ではN極の上面から放出された磁気がループを描くように底面のS極に戻るが、磁場調整部材32Lが配置されている側では磁場調整部材32Lが壁になり、磁気センサ21が強い磁気に曝されることを防いでいる。同様に右メイン磁石31Rの外側ではN極の底面から放出された磁気がループを描くように上面のS極に戻るが、磁場調整部材32Rが配置されている側では磁場調整部材32Rが壁になり、磁気センサ21が強い磁気に曝されることを防いでいる。

10

#### 【0037】

このように磁場調整部材32L, 32Rの効果により、磁気センサ21が磁石の直接磁場に曝されることが解消され、測定対象物の破断部位で発生する微小な磁場変化を磁気センサ21により精度よく捉えることが可能となる。

#### 【0038】

図7A, Bにハルパツ八配列磁石の効果の説明するための模式図を示す。

よく知られるように通常磁石はN極とS極の面が対向しており、磁石の両極面で発生する磁束量は磁気の向きが異なるだけで同じである。図7Aは比較例を示し、単純に上下の極性交互に入れ替えながら磁石を並べて配置した構成であり、上面側と下面側生じる磁界の強さは同じである。

20

図7Bはハルパツ八配列で磁石を並べた場合の模式図である。図7Bに示すように5つの磁石が、左から上下、左右、下上、右左、上下と磁化の方向を90度ごと転回しながら並べて配置されている。その結果、ハルパツ八配列の組磁石の下面側は磁石内部に磁気回路が形成されるため、磁石の外部には僅かしか磁力が発生しない。これに対してハルパツ八配列の組磁石の上面側はS極、N極の大きな部位が構成されるため、磁石の外部に強い磁界ループが発生する。このように磁石をハルパツ八配列に構成すると、片面側に磁界が集中して大きな磁力を取り出すことができる。一般的にハルパツ八配列磁石の効果的な活用はこの大きい側の磁力を活用することであるが、本実施形態では小さい磁界側の面をセンサ側に向けることで磁気シールド効果として活用する。

30

#### 【0039】

図8A, Bにメイン磁石とハルパツ八磁石との効果的な組み合わせ配置の例を示す。

本実施形態で使用する磁石ユニット3L, 3Rは左右1対で、左右対称の構成をとる。磁石ユニット3L, 3Rは、大きく分けて、メイン磁石31L, 31R、ハルパツ八磁石(32L, 32R)、ヨーク33、スペーサー34で構成される。メイン磁石31L, 31Rは、測定対象物に磁気回路を形成するためのもので、そのためおよそ例えば50mm角で厚さ25mmのネオジム磁石4枚を用いて実現する。ハルパツ八磁石(32L, 32R)は3個のネオジム磁石を組み合わせ構成され、強磁場側面をメイン磁石側に対向させ、弱磁場側面を磁気センサ21に対向する外側に向くように配置されている。詳しくは、左磁石ユニット3L(図8A)の場合、メイン磁石31LはN極側が底面になるように配置されている。ハルパツ八磁石(32L)の中段の磁石はN極をメイン磁石側に向け、ハルパツ八磁石(32L)の上段及び下段の磁石はN極側がハルパツ八磁石(32L)の中段の磁石側を向くように配置される。これに対して右磁石ユニット3R(図8A)の場合は、N極とS極を入れ替えた配置である。

40

ハルパツ八磁石(32L, 32R)をこのように配置することで、メイン磁石31L, 31Rの磁場をハルパツ八磁石(32L, 32R)の磁場で抑え込んで、磁気センサ21の方向へ向かう磁力を低減する。すなわち、測定対象物8に印加する磁場を強くしたまま、磁気センサ21に向かう磁場を低減する。したがって、非破壊検査装置1においては、測定対象物8に印加する磁場に対して、磁気センサ21に向かう磁場が低減されている。そのため、測定対象物8からの磁場成分を、磁石ユニット3L, 3Rから磁気センサ21に向かう磁場に埋もれさすことなく、精度よく磁気センサ21により検知可能である。

50

## 【0040】

ヨーク33はメイン磁石31L, 31Rの下方方向への磁力を増強する効果と複数の磁石を吸着させて、それぞれを安定して固定するために設けられている。また、スペーサー34はそれぞれの磁石の反発力が強すぎる為隣接して配置することができないために磁石を一定距離離して配置するための間隔保持部材として使用している。磁石ユニット3L, 3Rは、Z方向の磁場調整部材32L, 32R及びメイン磁石31L, 31Rの厚み寸法が互いに同じとなっており、メイン磁石31L, 31Rと磁気センサ21との間に十分な大きさの磁場調整部材32L, 32Rを配置しつつ、空間有効良く構成されている。

なお、出来るだけ強力な磁気回路を形成するために、メイン磁石31L, 31Rとしてネオジム磁石を採用することが好ましく、強力なメイン磁石の磁場を調整するためのハルバツハ磁石(32L, 32R)もネオジム磁石を採用することが好ましいが、安価なフェライト磁石でも同様の効果は得られる。

10

## 【0041】

図9に非破壊検査装置の別構成例を示す。

図2に示した構成例ではセンサユニット2の磁気センサ21をY方向に一次元配列として幅方向(X方向)に移動させるスライド機構を設けた構造とした。図9に示す構成例ではスライド機構を廃止して、センサユニット2において磁気センサ21をXY面上に二次元配置している。磁気センサ21を二次元配置することで、スライド機構を用いて幅方向(X方向)のセンサ位置を適宜変えながら複数回の測定を行う必要がなく、一度の測定で、測定対象物8の磁気センサ21に対向した測定面(XY面)における二次元磁場分布を示す面データを得ることができる。

20

## 【0042】

図2又は図9に示した非破壊検査装置1において、一方の磁場印加ユニット(3L)と他方の磁場印加ユニット(3R)とは、磁気センサ21に対する配置の入れ替わりが可能にされ、同入れ替わりにより測定対象物に形成する磁気回路の極向きが反転可能とされた構成を実施することが好ましい。これにより、測定対象物と磁気センサ21との相対的配置を変えずに、磁気回路の極向きが互いに反対にされ2つの面データを取得することができる。非破壊検査装置1を全体で反転すると、センサユニット2も反転してしまうため、測定対象物と磁気センサ21との相対的配置が変わってしまい、磁気センサ21の各素子のセンサ特性のバラつきによる変化量が面データに重畳されてしまうからである。

30

反転可能にする構造は、単に、2つの磁石ユニット3L, 3Rを支持機構4から一旦取り外し、入れ替えて支持機構4に取り付け直すものでもよい。また、2つの磁石ユニット3L, 3Rを支持するサブフレームを独立に設け、同サブフレームをセンサユニット2等が支持されたメインフレームに対して回転可能に連結した機構など、2つの磁石ユニット3L, 3Rを支持機構4から取り外さずに反転できる機構を構成してもよい。

なお、図9ではセンサを正方格子状に配置した例で示したが、センサの二次元配置の方法は市松模様状配置等でもよく、正方格子状配置には限定しない。

## 【0043】

図10にセンサユニット2に備えられる面データ作成に使用する回路のブロック図を示す。

40

図10に示すように本回路の1ライン部分2aには、図2及び図9にも示した1ライン部分2aに並ぶ複数の磁気センサ21が備わり、それぞれの磁気センサ21には信号を増幅するアンプ21a、信号をデジタルデータ化するA/D部22、一列分の磁気センサ21のデータをライン状に並び替えるラインデータ部2bがある。なお、複数の磁気センサ21の並べ方はライン状、千鳥配列その他任意である。

図2に示した装置構成では1ライン部分2aが単数であるとともに、センサユニット2をX方向に移動させるスライド機構があり、スライド機構により1ライン部分2aによるセンシング位置を変更した場所で別のラインデータを取得する。順次複数個所のセンシング位置でのラインデータを収集し、面データ部2cで面データ化する。また図9で示した装置構成では1ライン部分2aは移動なし一度に取得できる必要数あり、一度に面データ

50

を採取することができる。面データ部 2 c で生成した面データは、上述したようにクラウドコンピュータ 9 に送信され、クラウドコンピュータ 9 で処理され測定対象物 8 の破断の有無等の状態判定がなされる。

#### 【0044】

図 11 に本実施形態の非破壊検査装置の処理及び非破壊検査方法の基本検査フローを示す。図 2 に示した非破壊検査装置 1 を用いる場合である。

(ステップ S 1) 非破壊検査装置 1 を磁気センサ 2 1 が測定対象物 8 の表面に対向して近接するように設置して、磁石ユニット 3 L, 3 R から磁場を印加して測定対象物 8 に磁気回路を形成する。

(ステップ S 2) ステップ S 1 による磁気回路形成状態で測定対象物 8 からの磁束を磁気センサ 2 1 で検知する。

(ステップ S 3) 非破壊検査装置 1 の位置は変えずにセンサユニット 2 を幅方向 (X 方向) にシフトする。

(ステップ S 4) 全シフト位置での測定が完了しているか否かを判断し、完了していなければステップ S 2 に戻る。完了していればステップ S 4 に進む。

(ステップ S 5) 全シフト位置で採取したデータより測定面全体の磁場分布を作成する。このときのデータは、1 軸センサであれば 1 軸の面データとなり、3 軸センサであれば 3 軸方向の面データとなる。

(ステップ S 6) 作成した面データに測定対象物の破断や腐食が原因とみられる磁場の乱れがないかを分析し、磁場の乱れがある場合は破断、腐食等の異常部位と推定する。以上で一連の測定を終了する。

なお、図 9 に示した非破壊検査装置 1 を用いる場合は、ステップ S 2, S 3, S 4 の循環処理はなく、一度に面データを取得する。

#### 【0045】

作成された面データに基づき、クラウドコンピュータ 9 の処理によって異常判定を行う。

測定対象物が正常で連続性が保たれている場合、大きな局所磁場変化は生じない。逆に、測定対象物に破断や腐食等が生じてその連続性が損なわれると、その部位に局所的な急激な磁場変化が生じる。異常判定の一例としては、注目座標の磁場強度値とその周囲の磁場強度値との差分値による判定法が挙げられる。例えば、面データ上の全てのまたは任意の座標の磁場強度値とその前後左右の 4 つの座標の磁場強度値とのそれぞれの差分をとり、これを注目座標の磁場強度値で除した傾きを算出し、その傾きの絶対値が一定値を超えるか否かで異常の有無を判定する。すなわち、

前方傾き =  $|( \text{注目座標の値} - \text{前座標の値} ) / \text{注目座標の値} |$

後方傾き =  $|( \text{注目座標の値} - \text{後座標の値} ) / \text{注目座標の値} |$

左方傾き =  $|( \text{注目座標の値} - \text{左座標の値} ) / \text{注目座標の値} |$

右方傾き =  $|( \text{注目座標の値} - \text{右座標の値} ) / \text{注目座標の値} |$

として、この 4 つの値のうちひとつでも、所定の閾値 (例えば 0.3) を超えた場合、注目座標付近に異常があると判定とする。判定は 1 軸センサでは 1 軸方向の磁場強度値のみ、3 軸センサであれば 3 軸方向の全ての磁場強度値において判定を行うことが好ましい。このとき、所定の閾値は、検出ピッチや磁場成分の軸方向によりそれぞれ設定することが好ましい。

なお、面データに基づき測定対象物の異常を判定する情報処理装置は、クラウドコンピュータ 9 に限らず、非破壊検査装置に対して一対一に接続されるコンピュータであったり、非破壊検査装置に一体に搭載されるコンピュータであったりなどハードウェア構成は問わない。クラウドコンピュータ 9 の一局で処理する場合は、情報の集積、均一な処理、利用等の点で有利である。

#### 【0046】

以上説明したように、ハルパッハ磁石をその強磁場側面をメイン磁石側に対向させ、弱磁場側面を磁気センサ側に対向させて配置することで、磁気センサに加わるメイン磁石の

磁力をブロックする効果を生じさせることができる。これにより、磁場印加ユニットから磁気センサに向かう磁場が低減されているので、測定対象物の外部、すなわち、磁場印加ユニットから発生し同測定対象物を経由した磁場の磁気センサによる検出精度を向上し、非破壊検査の検査精度を向上することができる。

【 0 0 4 7 】

以上の実施形態に拘わらず、磁場印加ユニットのそれぞれは、測定対象物に印加する磁場に対して、磁気センサに向かう磁場が低減されればよいから、磁場調整部材として、S S 4 0 0 に代表される低炭素鋼による磁気シールドを配置する方法や磁気を反発させる小型磁石を配置する方法も一定の効果はある。しかし、磁気シールド方法は磁気回路の成分までシールドが吸収してしまうという弊害もあり、また反発磁石を配置する方法は反発磁石の強さ設定や配置の最適化が困難ため、上記実施形態の磁場調整部材としてハルバッハ磁石を配置する方法が好ましい。

10

また、磁場印加ユニットのそれぞれは、測定対象物に印加する磁場に対して、磁気センサに向かう磁場が低減されればよいから、磁場印加ユニットにハルバッハ磁石のみを配置してもよい。この場合もハルバッハ磁石の図 7 B の弱磁場側面を磁気センサ側に対向させれば、同ハルバッハ磁石から測定対象物に印加する磁場に対して、磁気センサに向かう磁場が低減されるからである。しかし、測定対象物に印加する磁場をより強くするために上記実施形態のように、ハルバッハ磁石のほかにメイン磁石を配置することが好ましい。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 8 】

本発明は、コンクリートに埋設される鉄筋等の非破壊検査装置、非破壊検査システム及び非破壊検査方法に利用することができる。

20

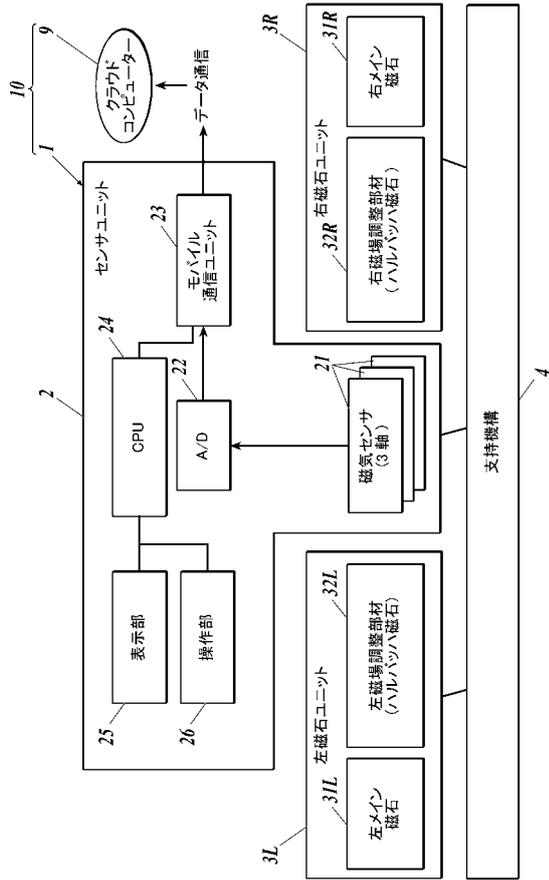
【 符号の説明 】

【 0 0 4 9 】

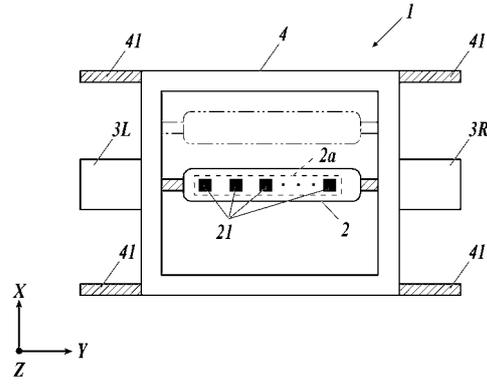
- 1 非破壊検査装置
- 2 センサユニット
- 3 L , 3 R 磁石ユニット
- 4 支持機構
- 8 測定対象物
- 9 クラウドコンピュータ ( 情報処理装置 )
- 1 0 非破壊検査システム
- 2 1 磁気センサ
- 3 1 L , 3 1 R     メイン磁石
- 3 2 L , 3 2 R     磁場調整部材
- 3 3 ヨーク
- 3 4 スペーサー
- 4 1 グリップ

30

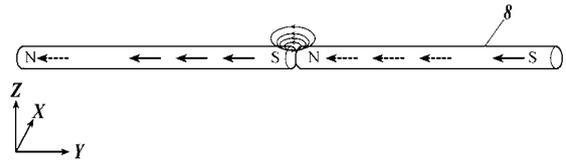
【図 1】



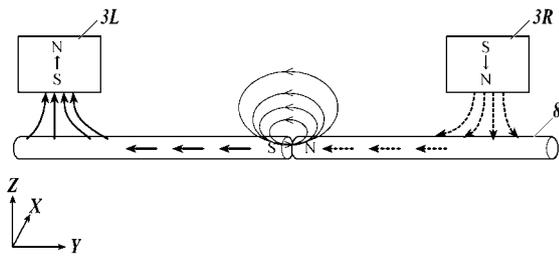
【図 2】



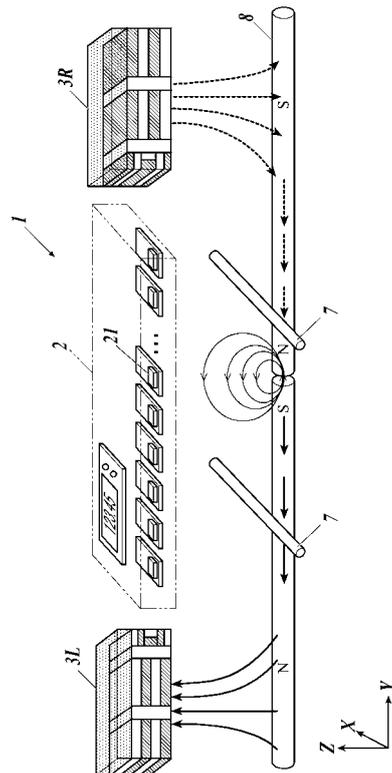
【図 3 A】



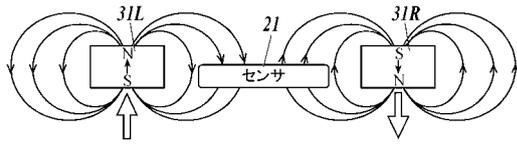
【図 3 B】



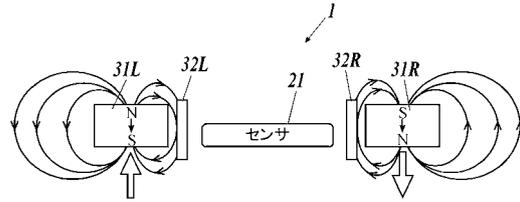
【図 4】



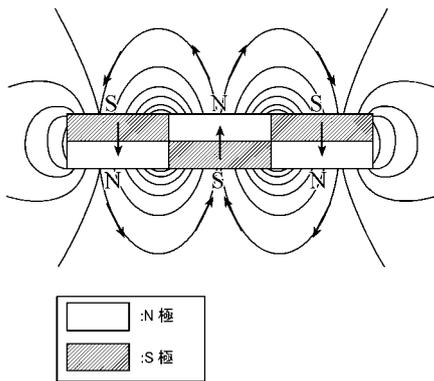
【 図 5 】



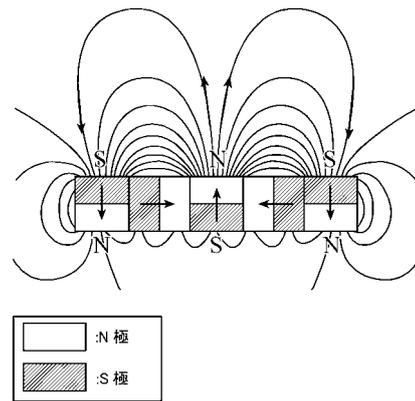
【 図 6 】



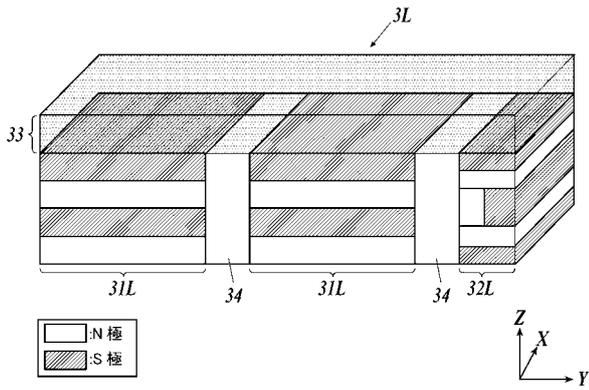
【 図 7 A 】



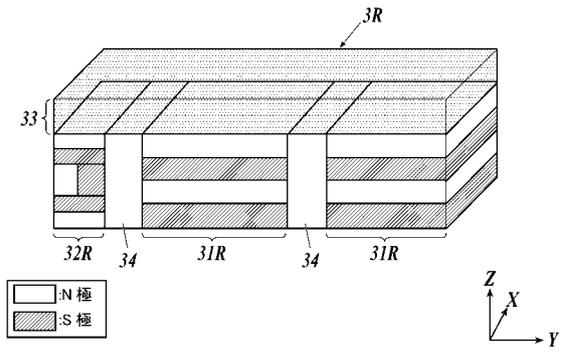
【 図 7 B 】



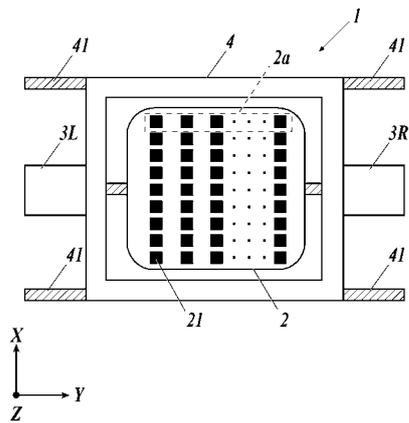
【 図 8 A 】



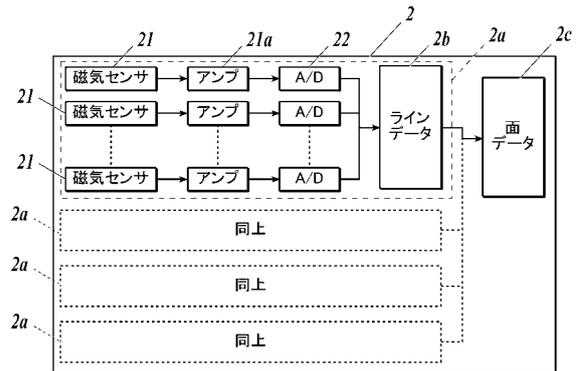
【 図 8 B 】



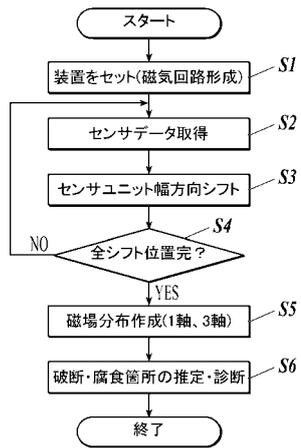
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】



## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2018/031295
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl. G01N27/83 (2006.01) i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. G01N27/72-27/90  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018 Registered utility model specifications of Japan 1996-2018 Published registered utility model applications of Japan 1994-2018  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-192803 A (ISHIKAWAJIMA-HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO., LTD.) 02 August 2007, paragraphs [0015]-[0035], fig. 1-9 & US 2009/0134867 A1, paragraphs [0042]-[0070], fig. 1-9 & WO 2007/072774 A1 & EP 1965206 A1 & CA 2633691 A	1-2, 4-13
Y	JP 7-72122 A (BABCOCK-HITACHI K. K.) 17 March 1995, paragraphs [0016]-[0018], fig. 7 (Family: none)	1-2, 4-13
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 15 November 2018 (15.11.2018)		Date of mailing of the international search report 27 November 2018 (27.11.2018)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/031295

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 62-6161 A (NKK CORP.) 13 January 1987, page 2, upper right column, line 7 to page 2, lower right column, line 4, fig. 4-5 (Family: none)	6-13
Y	JP 59-28650 A (NIPPON STEEL CORP.) 15 February 1984, page 2, lower left column, line 17 to page 2, lower right column, line 12, fig. 2 (Family: none)	6-13
Y	US 2017/0108469 A1 (THE CHARLES STARK DRAPER LABORATORY, INC.) 20 April 2017, paragraph [0061] & WO 2017/052712 A2	9-13
A	JP 2014-106165 A (HITACHI, LTD.) 09 June 2014 (Family: none)	1-13
A	JP 2017-26354 A (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 02 February 2017 & US 2018/0217097 A1 & WO 2017/010215 A1 & CN 107850571 A & KR 10-2018-0030991 A	1-13
A	JP 62-112052 A (NKK CORP.) 23 May 1987 (Family: none)	1-13
A	QUEK et al., "Modeling Studies on the Development of a System for Real-Time Magnetic-Field Imaging of Steel Reinforcing Bars Embedded Within Reinforced Concrete", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2008, vol. 57, no. 3, 571-576	1-13

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 3 1 2 9 5	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01N27/83(2006,01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01N27/72-27/90			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2018年 日本国実用新案登録公報 1996-2018年 日本国登録実用新案公報 1994-2018年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語) JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
Y	JP 2007-192803 A (石川島播磨重工業株式会社) 2007.08.02, 段落 [0015] - [0035], 図 1-9 & US 2009/0134867 A1, 段落 [0042] - [0070], 図 1-9 & WO 2007/072774 A1 & EP 1965206 A1 & CA 2633691 A	1-2, 4-13	
Y	JP 7-72122 A (パプコック日立株式会社) 1995.03.17, 段落 [0016] - [0018], 図 7 (ファミリーなし)	1-2, 4-13	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献	
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの		「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献	
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 15.11.2018		国際調査報告の発送日 27.11.2018	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 蔵田 真彦	2W 3602
		電話番号 03-3581-1101 内線 3258	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 8 / 0 3 1 2 9 5
C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 62-6161 A (日本鋼管株式会社) 1987.01.13, 第2頁右上欄第7行-同頁右下欄第4行, 第4-5 図 (ファミリーなし)	6-13
Y	JP 59-28650 A (新日本製鐵株式会社) 1984.02.15, 第2頁左下欄第17行-同頁右下欄第12行, 第2 図 (ファミリーなし)	6-13
Y	US 2017/0108469 A1 (THE CHARLES STARK DRAPER LABORATORY, INC.) 2017.04.20, 段落 [0061] & WO 2017/052712 A2	9-13
A	JP 2014-106165 A (株式会社日立製作所) 2014.06.09 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 2017-26354 A (住友化学株式会社) 2017.02.02 & US 2018/0217097 A1 & WO 2017/010215 A1 & CN 107850571 A & KR 10-2018-0030991 A	1-13
A	JP 62-112052 A (日本鋼管株式会社) 1987.05.23 (ファミリーなし)	1-13
A	QUEK et al., Modeling Studies on the Development of a System for Real-Time Magnetic-Field Imaging of Steel Reinforcing Bars Embedded Within Reinforced Concrete, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2008, Vol.57, No.3, 571-576	1-13

## フロントページの続き

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(72)発明者 高 清

東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内

Fターム(参考) 2G053 AA11 AB22 BA03 BA13 BB11 BC10 BC20 CA05 CA06 DA01  
DA10 DB03

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。