

(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2017-223633

(P2017-223633A)

(43) 公開日 平成29年12月21日(2017.12.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
G 0 1 B 7/00 (2006.01) G 0 1 B 7/00 1 0 1 F 2 F 0 6 3

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-121265 (P2016-121265) (22) 出願日 平成28年6月17日 (2016.6.17)</p>	<p>(71) 出願人 000183303 住友金属鉱山株式会社 東京都港区新橋5丁目11番3号 (74) 代理人 100107766 弁理士 伊東 忠重 (74) 代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦 (72) 発明者 杉原 淳 東京都青梅市末広町1-6-1 住友金属 鉱山株式会社 青梅事業所内 Fターム(参考) 2F063 AA03 AA04 AA15 BA17 BB10 BC08 CA10 DD03 GA08</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

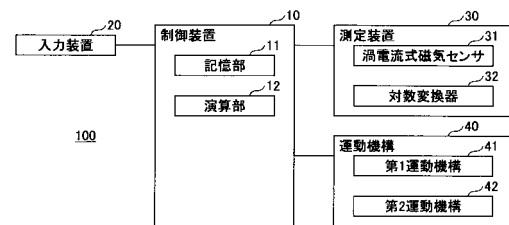
(54) 【発明の名称】 コンクリートパネル内に埋設された鉄筋の状態を測定する装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 コンクリートパネル内の鉄筋の状態をより適切に測定できる装置を提供すること。

【解決手段】 本発明の実施例に係る、コンクリートパネル1内に埋設された主筋2の状態を測定する鉄筋状態測定装置100は、渦電流式磁気センサ31と、コンクリートパネル1に対して渦電流式磁気センサ31を相対的に移動させる運動機構40と、渦電流式磁気センサ31の出力を対数変換する対数変換器32と、を備える。運動機構40は、コンクリートパネル1を第1方向に移動させる第1運動機構41と、第1方向に垂直な第2方向に渦電流式磁気センサ31を往復動させる第2運動機構42と、を備える。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

コンクリートパネル内に埋設された鉄筋の状態を測定する装置であって、
渦電流式磁気センサと、
前記コンクリートパネルに対して前記渦電流式磁気センサを相対的に移動させる運動機構と、
前記渦電流式磁気センサの出力を対数変換する対数変換器と、
を備える装置。

【請求項 2】

前記運動機構は、
前記コンクリートパネルを第 1 方向に移動させる第 1 運動機構と、
前記第 1 方向に垂直な第 2 方向に前記渦電流式磁気センサを往復動させる第 2 運動機構と、を備える、
請求項 1 に記載の装置。

10

【請求項 3】

前記渦電流式磁気センサは、前記コンクリートパネルの移動方向において間隔を空けて配置される少なくとも 2 つの渦電流式磁気センサで構成される、
請求項 1 又は 2 に記載の装置。

【請求項 4】

コンクリートパネル内に埋設された鉄筋の状態を測定する装置によって鉄筋の状態を測定する方法であって、
前記コンクリートパネルの腹面から所定の距離のところに渦電流式磁気センサを位置付ける工程と、
前記所定の距離を維持しながら前記コンクリートパネルに対して前記渦電流式磁気センサを相対的に移動させる工程と、
前記渦電流式磁気センサの出力を対数変換して出力変換値を生成する工程と、
前記出力変換値に基づいて前記鉄筋の状態を測定する工程と、
を有する方法。

20

【請求項 5】

前記相対的に移動させる工程は、
前記コンクリートパネルを第 1 方向に移動させる工程と、
前記第 1 方向に垂直な第 2 方向に前記渦電流式磁気センサを往復動させる工程と、を有する、
請求項 4 に記載の方法。

30

【請求項 6】

前記鉄筋の状態を測定する工程では、前記渦電流式磁気センサの下に前記鉄筋が存在するか否かを判定し、且つ / 或いは、前記鉄筋のかぶり厚を測定する、
請求項 4 又は 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記渦電流式磁気センサは、前記コンクリートパネルの移動方向において間隔を空けて配置される少なくとも 2 つの渦電流式磁気センサで構成され、
前記鉄筋の状態を測定する工程では、前記少なくとも 2 つの渦電流式磁気センサの出力を対数変換した出力変換値のそれぞれを加算した値から前記鉄筋の状態を測定する、
請求項 4 乃至 6 の何れかに記載の方法。

40

【請求項 8】

前記渦電流式磁気センサは、前記コンクリートパネルの移動方向において間隔を空けて配置される少なくとも 2 つの渦電流式磁気センサで構成され、
前記鉄筋の状態を測定する工程では、前記少なくとも 2 つの渦電流式磁気センサの出力を対数変換した出力変換値のそれぞれが同時に所定の閾値以上となった回数から前記鉄筋のうちの主筋の本数を導き出す、

50

請求項 4 乃至 6 の何れかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、建築物の外壁材等として用いられるコンクリートパネル内に埋設された鉄筋の状態（例えばかぶり厚）を測定する装置及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

A L C パネルと呼ばれる軽量気泡コンクリートパネルは、一般的に、以下の方法にしたがって製造されている。

【0003】

最初に、補強用鉄筋を配置した型枠内に、けい石、生石灰、セメント等を主成分とする原料スラリーと、発泡剤としてのアルミ粉末とを注入する。そして、原料スラリーを発泡させて硬化する。そして、半硬化状態となった軽量気泡コンクリートブロックを型枠から取り出し、所定の張力で緊張させたピアノ線等からなるワイヤで切断して所定の大きさのパネル状部材を形成する。次いで、形成された半硬化状態のパネル状部材を、オートクレーブで蒸気養生した後、適宜、表面加工等を施して製品化する。

【0004】

通常コンクリートパネルの内部には、鉄筋を溶接して籠状に成形した補強用鉄筋（鉄筋マット）が埋設されている。例えば、図 1 に、一般に厚型パネルと呼ばれ、厚さが 75 mm ~ 200 mm であるコンクリートパネル 1 の斜視図を、パネルの内部の補強用鉄筋の一部が現れるように一部破断の状態を示す。図示のように、補強用鉄筋は、主筋 2、横補強筋 3、及び、縦補強筋 4 により構成される。

【0005】

主筋 2 は、コンクリートパネル 1 の腹面 1 a に平行であり、コンクリートパネル 1 の長手方向に伸長する。そして、一方の腹面 1 a（例えば + Z 側の腹面 1 a）から等距離の位置にある一方の群と、他方の腹面 1 a（例えば - Z 側の腹面 1 a）から等距離の位置にある他方の群とからなる 2 つの群で構成され、それぞれの群は、腹面 1 a に投影した状態で同一になるように（重なるように）配置される。

【0006】

横補強筋 3 は、腹面 1 a に平行であり、2 つの群の何れかの主筋 2 と直交する状態で、コンクリートパネル 1 の厚さ方向における内方側（例えば + Z 側の腹面 1 a に近いところにある主筋 2 の - Z 側）で、主筋 2 に溶接接合される。また、縦補強筋 4 は、腹面 1 a に対して垂直であり、コンクリートパネル 1 の幅方向における外方側（例えば + Y 側の面に近いところにある主筋 2 の + Y 側）で、両端が 2 つの主筋 2 にそれぞれ溶接接合される。

【0007】

主筋 2 は直径が 5 mm ~ 8 mm 程度であり、横補強筋 3 及び縦補強筋 4 は直径が 3 mm ~ 5 mm 程度である。

【0008】

このような構成の補強用鉄筋は、まず、主筋 2 と横補強筋 3 とを交差部 5 で溶接接合して 2 つの格子形状体とした後、2 つの格子形状体の間を縦補強筋 4 で溶接接合して籠状に成形することで製造される。

【0009】

鉄筋が埋設されるコンクリートパネル 1 は、その強度品質を保証するために鉄筋のかぶり厚を測定することが行われている。

【0010】

鉄筋のかぶり厚は、コンクリートパネル 1 の腹面 1 a と補強用鉄筋との間のコンクリートの厚みである。かぶり厚（主筋 2 の場合、腹面 1 a と主筋 2 の距離）は、コンクリートパネル 1 の厚さに応じて設定される。かぶり厚は、コンクリートパネル 1 の強度の保持と

10

20

30

40

50

いう補強用鉄筋の機能が有効に働くように設けられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開2009-216627号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

特許文献1は、渦電流式磁気センサを使用し、コンクリートパネルを長手方向に移動させつつ鉄筋のかぶり厚を検査する方法を開示している。また、補強用鉄筋の交差による誤検出を抑制しながら、かぶり厚が所定の範囲を超えたときを異常として抽出する方法を提案している。

10

【0013】

しかしながら、補強用鉄筋の製造工程、又は、コンクリートパネル1の製造のために補強用鉄筋が型枠内に配置される工程において、何らかの原因で、補強用鉄筋、特に主筋2の位置が大きく変位する場合がある。渦電流式磁気センサは原理上、検査対象がセンサに近いほど感度が高く、検査対象がセンサから遠ざかるにつれて指数的に感度が低くなる。そのため、特許文献1に記載の方法では、鉄筋が渦電流式磁気センサに近づく（かぶり厚が薄くなる）方向に偏った場合には渦電流式磁気センサと鉄筋との間の距離を測定可能であるが、遠ざかる（かぶり厚が厚くなる）方向に偏った場合には測定が不可能であった。また、補強用鉄筋の製造不良により、既定本数の主筋2が含まれていない場合であっても、特許文献1の方法では主筋2が含まれていないのか、許容値を大きく超えて変位しているかの判断ができないという問題があった。

20

【0014】

このような問題に鑑み、本発明は、コンクリートパネル内の鉄筋の有無、かぶり厚、及び主筋の数といった鉄筋の状態をより適切に測定できる装置及び方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の実施例に係る装置は、コンクリートパネル内に埋設された鉄筋の状態を測定する装置であって、渦電流式磁気センサと、前記コンクリートパネルに対して前記渦電流式磁気センサを相対的に移動させる運動機構と、前記渦電流式磁気センサの出力を対数変換する対数変換器と、を備える。

30

【0016】

また、本発明の実施例に係る方法は、コンクリートパネル内に埋設された鉄筋の状態を測定する装置によって鉄筋の状態を測定する方法であって、前記コンクリートパネルの腹面から所定の距離のところを渦電流式磁気センサを位置付ける工程と、前記所定の距離を維持しながら前記コンクリートパネルに対して前記渦電流式磁気センサを相対的に移動させる工程と、前記渦電流式磁気センサの出力を対数変換して出力変換値を生成する工程と、前記出力変換値に基づいて前記鉄筋の状態を測定する工程と、を有する。

40

【発明の効果】

【0017】

上述の手段により、コンクリートパネル内の鉄筋の状態をより適切に測定できる装置及び方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】内部構造の一部が露出したコンクリートパネルの斜視図である。

【図2】鉄筋状態測定装置の機能ブロック図である。

【図3】測定装置の正面図である。

【図4】鉄筋状態測定方法のフローチャートである。

50

【図5】コンクリートパネルの部分断面図である。

【図6】コンクリートパネルの上面図である。

【図7】渦電流式磁気センサと鉄筋との間の距離と渦電流式磁気センサの出力との関係を示す図である。

【図8】コンクリートパネルに対する渦電流式磁気センサの相対位置と渦電流式磁気センサの出力の時間的推移を示す図である。

【図9】製品検査処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図を参照し、本発明の実施例に係る鉄筋状態測定装置及び鉄筋状態測定方法について説明する。

10

[鉄筋状態測定装置の構成]

【0020】

図2は鉄筋状態測定装置100の機能ブロック図である。鉄筋状態測定装置100は、一般に厚型パネルと呼ばれるコンクリートパネル1内に埋設された鉄筋の状態を測定する装置である。「鉄筋の状態を測定する」は、例えば、鉄筋が存在するか否かを判定すること、鉄筋の有無を検知すること、鉄筋のかぶり厚を測定すること、主筋2の本数を導き出すこと等を含む。

【0021】

鉄筋状態測定装置100は、主に、制御装置10、入力装置20、測定装置30、運動機構40等で構成される。

20

【0022】

制御装置10は、鉄筋状態測定装置100を制御する装置である。図2の例では、制御装置10は、CPU、揮発性記憶媒体、不揮発性記憶媒体、入出力インタフェース等を含むコンピュータであり、記憶部11、演算部12等の機能要素を含む。

【0023】

記憶部11は、各種情報を記憶する機能要素である。図2の例では、記憶部11は、入力装置20、運動機構40等が出力する情報を揮発性記憶媒体又は不揮発性記憶媒体に記憶する。

30

【0024】

演算部12は、各種演算を実行する機能要素である。図2の例では、演算部12は、記憶部11に記憶された情報に基づいて各種演算を実行する。各種演算は、例えば、鉄筋のかぶり厚の測定、鉄筋の検知、検知した鉄筋が主筋2であるか否かの判定等を含む。

【0025】

入力装置20は、制御装置10に各種情報を入力するための装置である。入力装置20は、例えば、タッチパネル、キーボード、マウス等である。

【0026】

測定装置30は、コンクリートパネル1に埋設された鉄筋を検知する装置である。図2の例では、測定装置30は、渦電流式磁気センサ31及び対数変換器32を含む。

40

【0027】

渦電流式磁気センサ31は、導電性の測定対象物の位置を非接触で測定できるデバイスである。図2の例では、渦電流式磁気センサ31は、励磁コイルと検出コイルを備え、金属体が接近したときに生じる渦電流による磁界を検出する。具体的には、渦電流式磁気センサ31は、渦電流による磁界を電圧値として出力する。また、渦電流式磁気センサ31は、単一のセンサで構成されてもよく、複数のセンサで構成されてもよい。

【0028】

対数変換器32は、入力値を対数変換する機能要素である。対数変換器32は、渦電流式磁気センサ31の規格に合わせ、適直接続可能なものが選択される。図2の例では、対数変換器32は、渦電流式磁気センサ31の出力を対数変換して出力変換値を生成する。

50

【 0 0 2 9 】

運動機構 4 0 は、コンクリートパネル 1 に対して測定装置 3 0 を相対的に移動させる機構であり、測定装置 3 0 のみを移動させてもよく、コンクリートパネル 1 のみを移動させてもよく、測定装置 3 0 及びコンクリートパネル 1 の双方を移動させてもよい。

【 0 0 3 0 】

図 2 の例では、運動機構 4 0 は、第 1 運動機構 4 1 及び第 2 運動機構 4 2 を備える。第 1 運動機構 4 1 は、コンクリートパネル 1 を第 1 方向（図 1 の X 軸に沿った + X 方向）に移動させる。X 軸は、コンクリートパネル 1 の長手方向に平行であり、典型的には水平に延びる。第 1 運動機構 4 1 は、例えば、ベルトコンベア、ローラーコンベア等の公知の搬送装置（図示せず）によってコンクリートパネル 1 を直線的に且つ水平方向に一定速度で移動させることができる。

10

【 0 0 3 1 】

第 2 運動機構 4 2 は、コンクリートパネル 1 の腹面 1 a から所定高さのところで、第 1 方向に垂直な第 2 方向（図 1 の Y 軸方向）に測定装置 3 0 を往復動させる。Y 軸は、コンクリートパネル 1 の短手方向に平行であり、典型的には水平に延びる。第 2 運動機構 4 2 は、例えば、リニア機構等の公知の技術により、測定装置 3 0 が所定の距離を往復動するように構成される。第 2 運動機構 4 2 の運動範囲は、コンクリートパネル 1 が長手方向に移動する場合には、コンクリートパネル 1 の幅と同等か、それより大きくなるように決定される。

20

【 0 0 3 2 】

図 3 は測定装置 3 0 の正面図である。図 3 の例では、測定装置 3 0 は、2 つの渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b を有する。

【 0 0 3 3 】

具体的には、測定装置 3 0 は、主に、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b、固定ベース 3 5、固定マウント 3 6、レール 3 7、移動マウント 3 8 等で構成される。

【 0 0 3 4 】

固定ベース 3 5 は、測定装置 3 0 の本体を構成する部材であり、固定マウント 3 6 及びレール 3 7 が取り付けられる。

【 0 0 3 5 】

固定マウント 3 6 は、渦電流式磁気センサ 3 1 a を固定するための部材である。以下では、固定マウント 3 6 に固定される渦電流式磁気センサ 3 1 a を基準側センサと称する場合がある。

30

【 0 0 3 6 】

レール 3 7 は、移動マウント 3 8 を X 軸方向に沿ってガイドする部材である。図 3 の W 1 は X 軸方向にスライドする移動マウント 3 8 の移動範囲を示す。

【 0 0 3 7 】

移動マウント 3 8 は、渦電流式磁気センサ 3 1 b を固定するための部材である。以下では、移動マウント 3 8 に固定される渦電流式磁気センサ 3 1 b を移動側センサと称する場合がある。操作者は、移動範囲 W 1 内で移動マウント 3 8 を移動させることで、X 軸方向に沿って並ぶ基準側センサ（渦電流式磁気センサ 3 1 a）と移動側センサ（渦電流式磁気センサ 3 1 b）との間隔 D 1 を調整できる。

40

【 0 0 3 8 】

間隔 D 1 は、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の性能、鉄筋マットを構成する鉄筋（例えば横補強筋 3）の間隔等に応じて決定される。

【 0 0 3 9 】

間隔 D 1 は、好ましくは、X 軸方向における鉄筋の間隔の最小値の少なくとも 1.5 倍となるように設定される。例えば、鉄筋間隔の最小値が 40 mm であれば、間隔 D 1 は少なくとも 60 mm となるように設定される。間隔 D 1 が 60 mm より小さい場合、隣り合う鉄筋の影響を受けたり、隣り合う 2 つの渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b が干渉し合ったりして正確な出力を取得できないおそれがあるためである。

50

【 0 0 4 0 】

また、間隔 D 1 は、好ましくは、X 軸方向における横補強筋 3 の間隔の何れとも異なるように設定される。2 つの渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b が同時に別々の横補強筋 3 の真上に位置することがないようにするためである。

【 0 0 4 1 】

なお、図 3 の例では、固定マウント 3 6 が + X 側に配置され且つ移動マウント 3 8 が - X 側に配置されるが、固定マウント 3 6 が - X 側に配置され且つ移動マウント 3 8 が + X 側に配置されてもよい。

【 0 0 4 2 】

また、測定装置 3 0 は、1 つの渦電流式磁気センサ 3 1 を有する構成であってもよい。この場合、レール 3 7、移動マウント 3 8、移動側センサとしての渦電流式磁気センサ 3 1 b は省略される。

10

[鉄筋状態測定方法]

【 0 0 4 3 】

次に、図 4 を参照し、コンクリートパネルに埋設された鉄筋の状態を測定する方法について説明する。

[工程 P 1 : 渦電流式時期センサを位置付ける工程]

【 0 0 4 4 】

まず、本発明の実施例に係る渦電流式磁気センサを位置付ける工程について説明する。図 5 は、図 1 の仮想平面 F 1 を + X 側から見たときのコンクリートパネル 1 の部分断面図である。図 5 は、図 1 では不図示の測定装置 3 0 における渦電流式磁気センサ 3 1 がコンクリートパネル 1 の腹面 1 a から距離 L のところを + Y 方向に移動する様子を示す。

20

【 0 0 4 5 】

図 5 の例では、測定装置 3 0 は、コンクリートパネル 1 の + Z 側の腹面 1 a から距離 L のところを移動するが、コンクリートパネル 1 の - Z 側の腹面 1 a から距離 L のところを移動するように構成されてもよい。

【 0 0 4 6 】

図 5 の K は、コンクリートパネル 1 に埋設された鉄筋（主筋 2）と渦電流式磁気センサ 3 1 との距離を示す。L は、コンクリートパネル 1 と渦電流式磁気センサ 3 1 との距離を示す。t は、鉄筋（主筋 2）のかぶり厚を示す。かぶり厚 t は、式（1）に示すように、距離 K から距離 L を差し引いた値である。したがって、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、距離 K を検出することでかぶり厚 t を測定できる。

30

【 0 0 4 7 】

【 数 1 】

$$t = K - L \quad (1)$$

40

[工程 P 2 : コンクリートパネルに対して渦電流磁気センサを相対的に移動させる工程]

【 0 0 4 8 】

次に、図 6 を参照し、運動機構 4 0 によってもたらされるコンクリートパネル 1 に対する渦電流式磁気センサ 3 1 の相対的な移動について説明する。図 6 (A) ~ 図 6 (C) はコンクリートパネル 1 の上面図である。図 6 (A) は、第 1 運動機構 4 1 によってコンクリートパネル 1 が + X 方向に移動し、且つ、第 2 運動機構 4 2 によって測定装置 3 0 が Y 軸方向に往復動する様子を示す。図 6 (B) は、測定装置 3 0 に取り付けられた単一の渦

50

電流式磁気センサ 31 のコンクリートパネル 1 上の移動軌跡を破線で示す。図 6 (C) は、測定装置 30 に取り付けられた 2 つの渦電流式磁気センサ 31 a、31 b のコンクリートパネル 1 上の移動軌跡を破線で示す。

【 0049 】

渦電流式磁気センサ 31 の検出感度は、コンクリートパネル 1 に埋設された鉄筋の直径に依存する。そのため、距離 L を一定にする。また、コンクリートパネル 1 に対する渦電流式磁気センサ 31 の相対的な移動速度は、渦電流式磁気センサ 31 の応答性能等に応じて決まる許容移動速度の範囲内であればよい。その上で、様々な直径の鉄筋に関する渦電流式磁気センサ 31 の出力変換値 と距離 K との関係を予備測定により予め求めておくことで、式 (1) から鉄筋のかぶり厚 t を算出できる。なお、出力変換値 は、渦電流式磁気センサ 31 の出力を対数変換した値である。また、出力変換値 と距離 K との関係は、例えば、関数 f を用いて $K = f (\quad)$ で表される。渦電流式磁気センサ 31 a、31 b についても同様である。

10

[工程 P3 : 渦電流式磁気センサの出力を対数変換して出力変換値を生成する工程]

【 0050 】

ここで図 7 を参照し、渦電流式磁気センサ 31 の出力値 p 及び出力変換値 と距離 K との関係について説明する。出力値 p は、対数変換器 32 を利用しない場合の渦電流式磁気センサ 31 の出力値であり、出力変換値 は、対数変換器 32 を利用した場合の渦電流式磁気センサ 31 の出力値である。図 7 の例では、出力値 p は出力電圧値を最大電圧値で除した値の百分率 (%) で表され、出力変換値 は出力値 p を最大出力値 (出力電圧値が最大電圧値のときの出力値 p) で除した値の百分率 (%) で表される。具体的には、図 7 (A) が出力値 p と距離 K との関係を示し、図 7 (B) が出力変換値 と距離 K との関係を示す。

20

【 0051 】

図 7 (A) に示すように、渦電流式磁気センサ 31 の出力を対数変換器 32 に入力しない場合、距離 K が大きくなるほどセンサ感度が低くなり出力値 p が小さくなる。また、鉄筋の直径が 8 mm、5 mm、4 mm と直径が細くなるほどセンサ感度が低くなり出力値 p が小さくなる。したがって、距離 K が大きくなるほど、或いは、鉄筋が細くなるほど、距離 K の差 (変化) に対する出力値 p の差 (変化) が小さくなるため、正確な距離の測定が困難になる。

30

【 0052 】

「距離 K の差 (変化) に対する出力値 p の差 (変化) が小さくなる」とは、例えば、直径 8 mm の鉄筋で、距離 K が 35 mm のときと距離 K が 40 mm のときの出力値 p の差 (約 2 %) が、距離 K が 15 mm のときと距離 K が 20 mm のときの出力値 p の差 (約 18 %) より小さくなることを意味する。

【 0053 】

一方、図 7 (B) に示すように、渦電流式磁気センサ 31 の出力を対数変換器 32 に入力した場合、例えば距離 K が 35 mm 以上でもセンサ感度が比較的高いため、鉄筋状態測定装置 100 は直径の小さい鉄筋であっても距離 K を正確に測定できる。このように、鉄筋状態測定装置 100 は、渦電流式磁気センサ 31 の出力を対数変換器 32 に入力して対数変換することで、距離 K が大きくなっても距離 K を正確に測定できる。

40

【 0054 】

「距離 K が 35 mm 以上でもセンサ感度が比較的高い」は、図 7 (A) の場合に比べ、「距離 K の差 (変化) に対する出力変換値 の差 (変化) が維持される」ことを意味する。「距離 K の差 (変化) に対する出力変換値 の差 (変化) が維持される」とは、例えば、直径 8 mm の鉄筋で、距離 K が 35 mm のときと距離 K が 40 mm のときの出力変換値 の差 (約 9 %) が、距離 K が 15 mm のときと距離 K が 20 mm のときの出力変換値 の差 (約 9 %) と同等であることを意味する。

50

[工程 P 4 : 出力変換値に基づいて鉄筋の状態を測定する工程]

【 0 0 5 5 】

本発明の実施例に係る方法、すなわちコンクリートパネル 1 内に埋設された鉄筋の状態を測定する方法は、予備測定と本測定を含む。

[予備測定]

【 0 0 5 6 】

そこで、最初に予備測定について説明する。なお、予備測定は、渦電流式磁気センサ 3 1 の出力変換値 と距離 K との関係を決めるために行われる測定であり、その関係を決めるのであれば、以下の測定方法に限定されるものではない。

【 0 0 5 7 】

予備測定では、市販のコンクリートパネル等、鉄筋状態（かぶり厚）が既知のコンクリートパネル 1 を用いて出力変換値 と距離 K との関係が決定される。

【 0 0 5 8 】

予備測定では、鉄筋の直径及び主筋 2 のかぶり厚 t が既知であるコンクリートパネル 1 が使用される。

【 0 0 5 9 】

ここでは、鉄筋の直径を 8 mm、5 mm、4 mm とし、かぶり厚 t を 5 mm としたときの測定例を示す。

【 0 0 6 0 】

鉄筋の直径が 8 mm でかぶり厚が 5 mm の場合、渦電流式磁気センサ 3 1 はコンクリートパネル 1 の腹面 1 a から距離 $L = 5$ mm の高さに位置付けられる。その結果、距離 K は 10 mm となる。この状態で鉄筋状態測定装置 1 0 0 を起動し、距離 $K = 10$ mm における出力変換値 1 を取得する。制御装置 1 0 の記憶部 1 1 は、測定装置 3 0 が出力する出力変換値 1 を不揮発性記憶媒体等に記憶する。

【 0 0 6 1 】

次に、渦電流式磁気センサ 3 1 をコンクリートパネル 1 の腹面 1 a から距離 $L = 10$ mm の高さに位置付けて鉄筋の状態を測定する。そして、距離 $K = 15$ mm における出力変換値 2 を取得して記憶する。

【 0 0 6 2 】

同じように距離 L を変更しながら、渦電流式磁気センサ 3 1 の出力変換値 n を記憶していく。出力変換値 n における n は整数を表す。

【 0 0 6 3 】

鉄筋の直径が 5 mm でかぶり厚が 5 mm の場合、及び、鉄筋の直径が 4 mm でかぶり厚が 5 mm の場合についても同様に、距離 L を変更しながら出力変換値 n を取得する。この予備測定により、図 7 (B) に示すような出力変換値 n と距離 K との関係が得られる。

【 0 0 6 4 】

図 7 (B) は、直径が 8 mm、5 mm、4 mm の鉄筋について、距離 K と出力変換値 との関係を示す。したがって、予備測定で得られた図 7 (B) の関係を本測定で用いることにより、測定対象のコンクリートパネル 1 における鉄筋の状態、特に鉄筋のかぶり厚 t を測定できる。図 7 (B) の関係は近似式で表されてもよい。この場合、渦電流式磁気センサ 3 1 の出力変換値 からかぶり厚 t を算出できる。

【 0 0 6 5 】

本測定においても予備測定で得られた渦電流式磁気センサ 3 1 の出力変換値 と距離 K との関係が成り立つ。したがって、任意の距離 K で得られた出力変換値 を基準値 とみなすことができる。

【 0 0 6 6 】

図 3 に示すように渦電流式磁気センサ 3 1 をコンクリートパネル 1 の移動方向（X 軸方向）において間隔を空けて 2 つ並置した場合には、2 つの渦電流式磁気センサ 3 1 a、3

10

20

30

40

50

1 bのそれぞれの出力変換値 を加算した値と距離Kとの関係を求めてもよい。距離Kの差(変化)に対する出力変換値 の差(変化)を大きくするためである。

[本測定]

【0067】

測定対象のコンクリートパネル1に対し、同じセンサ数(渦電流式磁気センサ31の数)で、鉄筋の状態を測定する。

【0068】

具体的には、渦電流式磁気センサ31をコンクリートパネル1の腹面1aから距離Lの高さにセットする。そして、コンクリートパネル1をX軸方向に直線的に移動させ、且つ、コンクリートパネル1の移動方向に垂直な方向(Y軸方向)に渦電流式磁気センサ31を往復動させる。鉄筋状態測定装置100は、このときに得られる出力変換値 と、図7(B)に示すような予備測定で得られた出力変換値 及び距離Kの関係とに基づいて、距離Kを読み取ることができる。或いは、出力変換値 と距離Kとの関係を表す近似式から距離Kを求めてもよい。そして、鉄筋状態測定装置100は、このようにして得られた距離Kを式(1)に代入して主筋2のかぶり厚tを算出できる。

10

[製品検査方法]

【0069】

2つ以上の渦電流式磁気センサ31を用いた場合、予備測定の結果を用いて、コンクリートパネル1の製品検査を行うことができる。ここでは、図3に示すように2つの渦電流式磁気センサ31a、31bを備えた測定装置30を用いた場合の検査方法について説明する。

20

【0070】

コンクリートパネル1の規格は、例えば、主筋2の直径が8mmであること、主筋2のかぶり厚が8mm以上15mm未満であることを含む。この規格と式(1)とから、距離Kが13mm以上20mm未満の範囲内であればコンクリートパネル1が規格に適合していると判定できる。そして、予備測定で得られた図7(B)に示すような渦電流式磁気センサ31a、31bの出力変換値 と距離Kとの関係から、2つの渦電流式磁気センサ31a、31bの出力変換値 a、 bの許容範囲を求めることができる。許容範囲は、例えば、基準値 ±許容偏差 として設定される。図7(B)によると、許容範囲は、例えば、距離Kが13mmのときの出力変換値 = 89%と、距離Kが20mmのときの出力変換値 = 76%との間であり、基準値 = 82.5%、許容偏差 = 6.5%で表される。

30

【0071】

製品検査では、最初に、2つの渦電流式磁気センサ31a、31bを距離Lの高さに設置する。そして、コンクリートパネル1の進行方向(+X方向)に垂直な方向(Y軸方向)に2つの渦電流式磁気センサ31a、31bを往復動させる。このとき、コンクリートパネル1が+X方向に移動すると、2つの渦電流式磁気センサ31a、31bは、コンクリートパネル1上で、図6(C)に示すような軌跡を描く。

40

【0072】

渦電流式磁気センサ31a、31bの双方が主筋2の真上に位置する場合、出力変換値 a、 bは、主筋2の影響のみを受けた値となるため、基準値 とほぼ等しい正常値となる。そのため、鉄筋状態測定装置100は、出力変換値 a、 bの双方が基準値 とほぼ等しい正常値であれば、渦電流式磁気センサ31a、31bの双方が主筋2の真上に位置していると判定できる。

【0073】

但し、渦電流式磁気センサ31a、31bの間には間隔D1が設けられている。そのため、渦電流式磁気センサ31a、31bの双方が主筋2の真上に位置する場合であっても、渦電流式磁気センサ31aが交差部5(図1参照。)の真上に位置し、渦電流式磁気セ

50

ンサ 3 1 b が交差部 5 から離れたところに位置する場合がある。交差部 5 は、例えば、主筋 2 と他の補強筋（例えば横補強筋 3）とが交差する部分である。

【0074】

この場合、渦電流式磁気センサ 3 1 a の出力変換値 a は、主筋 2 と他の補強筋の影響を受けた値となるため、基準値 よりも大きい。一方、渦電流式磁気センサ 3 1 b の出力変換値 b は、主筋 2 の影響のみを受けた値となるため、基準値 とほぼ等しい正常値となる。

【0075】

そのため、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、出力変換値 a 、 b の双方が基準値 とほぼ等しいか或いは基準値 より大きい場合には、互いの値が異なるときであっても、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していると判定できる。したがって、交差部 5 で他の補強筋の影響を受ける場合であっても、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していないと誤判定することはない。

10

【0076】

一方、2つの渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置しないとき、出力変換値 a 、 b の少なくとも一方は、コンクリートパネル 1 に埋設された鉄筋の影響を受けないため、基準値 よりも顕著に低い値となる。

【0077】

そのため、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、出力変換値 a 、 b の少なくとも一方が基準値 よりも顕著に低い場合には、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していないと判定できる。

20

【0078】

ここで、図 8 を参照し、2つの渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置しているか否かを判定する処理（以下、「主筋判定処理」とする。）について説明する。図 8 は、コンクリートパネル 1 に対する渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の相対位置と出力変換値 a 、 b の時間的推移を示す図である。具体的には、図 8 (A) は、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の移動軌跡を表すコンクリートパネル 1 の上面図である。また、図 8 (B) は渦電流式磁気センサ 3 1 a の出力変換値 a の時間的推移を示し、図 8 (C) は渦電流式磁気センサ 3 1 b の出力変換値 b の時間的推移を示す。

【0079】

時刻 T_1 では、図 8 (A) に示すように、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b は何れも主筋 2 a の真上に位置する。このとき、渦電流式磁気センサ 3 1 a の出力変換値 a は、図 8 (B) に示すようにピークを形成して所定の閾値 TH_1 より大きい値となる。同様に、渦電流式磁気センサ 3 1 b の出力変換値 b は、図 8 (C) に示すようにピークを形成して所定の閾値 TH_1 より大きい値となる。なお、出力変換値 a に関する閾値と出力変換値 b に関する閾値とは異なる値であってもよい。

30

【0080】

その結果、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、出力変換値 a 、 b が共に閾値 TH_1 以上であると判定し、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していると判定する。

40

【0081】

時刻 T_2 では、図 8 (A) に示すように、渦電流式磁気センサ 3 1 a は鉄筋が存在しないところに位置し、渦電流式磁気センサ 3 1 b は横補強筋 3 a の真上に位置する。渦電流式磁気センサ 3 1 a に対応する破線円は、渦電流式磁気センサ 3 1 a の下に鉄筋が存在しないことを表す。このとき、渦電流式磁気センサ 3 1 a の出力変換値 a は、図 8 (B) に示すように、ピークを形成することなく閾値 TH_1 より小さい値のままとなっている。また、渦電流式磁気センサ 3 1 b の出力変換値 b は、図 8 (C) に示すようにピークを形成するが、そのピークは閾値 TH_1 より小さい。

【0082】

その結果、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、出力変換値 a 、 b が共に閾値 TH_1 未満で

50

あると判定し、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していないと判定する。

【0083】

時刻 T 3 では、図 8 (A) に示すように、渦電流式磁気センサ 3 1 a は横補強筋 3 a の真上に位置し、渦電流式磁気センサ 3 1 b は鉄筋が存在しないところに位置する。渦電流式磁気センサ 3 1 b に対応する破線円は、渦電流式磁気センサ 3 1 b の下に鉄筋が存在しないことを表す。このとき、渦電流式磁気センサ 3 1 a の出力変換値 a は、図 8 (B) に示すようにピークを形成するが、そのピークは閾値 TH 1 より小さい。また、渦電流式磁気センサ 3 1 b の出力変換値 b は、図 8 (C) に示すように、ピークを形成することなく閾値 TH 1 より小さい値のままとなっている。

10

【0084】

その結果、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、出力変換値 a、b が共に閾値 TH 1 未満であると判定し、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していないと判定する。

【0085】

時刻 T 4 では、図 8 (A) に示すように、渦電流式磁気センサ 3 1 a は鉄筋が存在しないところに位置し、渦電流式磁気センサ 3 1 b は横補強筋 3 b の真上に位置する。このとき、渦電流式磁気センサ 3 1 a の出力変換値 a は、図 8 (B) に示すように、ピークを形成することなく閾値 TH 1 より小さい値のままとなっている。また、渦電流式磁気センサ 3 1 b の出力変換値 b は、図 8 (C) に示すようにピークを形成するが、そのピークは閾値 TH 1 より小さい。

20

【0086】

その結果、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、出力変換値 a、b が共に閾値 TH 1 未満であると判定し、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していないと判定する。

【0087】

時刻 T 5 では、図 8 (A) に示すように、渦電流式磁気センサ 3 1 a は主筋 2 b の真上に位置し、且つ、横補強筋 3 b の真上に位置する。すなわち、主筋 2 b と横補強筋 3 b とが交差する交差部 5 b の真上に位置する。渦電流式磁気センサ 3 1 b は主筋 2 b の真上に位置する。このとき、渦電流式磁気センサ 3 1 a の出力変換値 a は、図 8 (B) に示すようにピークを形成して閾値 TH 1 より大きい値となる。同様に、渦電流式磁気センサ 3 1 b の出力変換値 b は、図 8 (C) に示すようにピークを形成して閾値 TH 1 より大きい値となる。出力変換値 a のピーク値は、主筋 2 b による影響ばかりでなく横補強筋 3 b による影響を受けているため、時刻 T 1 でのピーク値よりも大きい。出力変換値 b のピーク値は、横補強筋 3 b による影響を受けていないため、時刻 T 1 でのピーク値とほぼ同じである。

30

【0088】

その結果、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、出力変換値 a、b が共に閾値 TH 1 以上であると判定し、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置していると判定する。

40

【0089】

このように、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の出力変換値 a、b に基づいて渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b のそれぞれが主筋 2 の真上に位置しているか否かを判定できる。そのため、測定装置 3 0 がコンクリートパネル 1 の一端 (例えば - Y 側端部) から他端 (例えば + Y 側端部) に相対移動する間に、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が同時に主筋 2 の真上に位置していると判定した回数を、主筋 2 の本数として導き出すことができる。図 8 の例では、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、測定装置 3 0 が時刻 T 1 での位置から時刻 T 5 での位置まで移動する間に、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が同時に主筋 2 の真上に位置していると判定した回数 (2 回) を、主筋 2 の本数 (2 本) として導き出すことができる。

50

【 0 0 9 0 】

また、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が同時に主筋 2 の真上に位置していると判定した場合、出力変換値 a、b が許容範囲内にあるか否かを判定することで、コンクリートパネル 1 が規格に適合するか否かを判定できる。

【 0 0 9 1 】

具体的には、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の出力変換値 a、b の少なくとも一方が基準値 よりも大きくて許容範囲を逸脱する場合、鉄筋の状態に異常があると判定できる。例えば、出力変換値 a、b の双方が基準値 よりも大きくて許容範囲を逸脱する場合、主筋 2 のかぶり厚が薄すぎると判定できる。

【 0 0 9 2 】

ここで図 9 を参照し、コンクリートパネル 1 が規格に適合するか否かを判定する処理（以下、「製品検査処理」とする。）について説明する。図 9 は、製品検査処理のフローチャートであり、鉄筋状態測定装置 1 0 0 は、所定の制御周期で繰り返しこの製品検査処理を実行する。図 9 の例では、コンクリートパネル 1 が規格に適合するか否かは、コンクリートパネル 1 に埋設された主筋 2 のかぶり厚が規格に適合するか否かに基づく。なお、主筋 2 のかぶり厚は製品毎に規格が定められている。

10

【 0 0 9 3 】

最初に、鉄筋状態測定装置 1 0 0 の制御装置 1 0 は、対数変換された渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の出力変換値 a、b を取得する（ステップ S T 1）。

【 0 0 9 4 】

そして、制御装置 1 0 の演算部 1 2 は、取得した出力変換値 a、b と閾値 T H 1 とを比較する（ステップ S T 2）。渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の真下に鉄筋（主筋 2）が存在するか否かを判定するためである。閾値 T H 1 は、鉄筋状態測定装置 1 0 0 の不揮発性記憶媒体等に予め記憶された値であり、例えば、入力装置 2 0 を用いて入力される。

20

【 0 0 9 5 】

出力変換値 a、b の何れか一方が閾値 T H 1 未満の場合（ステップ S T 2 の N O）、制御装置 1 0 は、コンクリートパネル 1 が規格に適合するか否かを判定することなく、今回の製品検査処理を終了させる。渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b が主筋 2 の真上に位置しないと推定できるためである。すなわち、主筋 2 のかぶり厚を測定して主筋 2 のかぶり厚が許容範囲内であるか否かを判定できないためである。

30

【 0 0 9 6 】

出力変換値 a、b の双方が閾値 T H 1 以上の場合（ステップ S T 2 の Y E S）、演算部 1 2 は、出力変換値 a、b の双方が許容範囲内にあるか否かを判定する（ステップ S T 3）。渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置すると推定できるためである。すなわち、主筋 2 のかぶり厚を測定して主筋 2 のかぶり厚が許容範囲内であるか否かを判定できるためである。

【 0 0 9 7 】

出力変換値 a、b の許容範囲は、例えば、予備測定の際に記憶部 1 1 によって不揮発性記憶媒体等に記憶された出力変換値に基づいて設定される。例えば、許容範囲は、予備測定の際の出力変換値である基準値 に許容偏差 を加えた値を上限とし、基準値 から許容偏差 を差し引いた値を下限とする範囲 \pm として設定される。但し、許容範囲 \pm は、必ずしも規格範囲に一致させる必要はなく、主筋 2 の直径に合わせて適宜設定されてもよい。

40

【 0 0 9 8 】

また、演算部 1 2 は、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の一方が交差部 5 の真上に位置する場合であっても、出力変換値 a、b の双方が許容範囲内にあるか否かを判定する。出力変換値 a、b の双方が閾値 T H 1 以上であり、渦電流式磁気センサ 3 1 a、3 1 b の双方が主筋 2 の真上に位置することに変わりはないためである。

【 0 0 9 9 】

50

その後、出力変換値 a、bの何れか一方が許容範囲外であると判定した場合（ステップST3のNO）、制御装置10は、コンクリートパネル1が規格に適合しないと判定する（ステップST4）。コンクリートパネル1に埋設された主筋2のかぶり厚が許容範囲外であると推定できるためである。

【0100】

一方、出力変換値 a、bの双方が許容範囲内であると判定した場合（ステップST3のYES）、制御装置10は、コンクリートパネル1が規格に適合すると判定する（ステップST5）。コンクリートパネル1に埋設された主筋2のかぶり厚が許容範囲内であると推定できるためである。

【0101】

制御装置10は、コンクリートパネル1が規格に適合するか否かの判定結果を表示装置、音声出力装置等の出力装置を通じて出力してもよい。

【0102】

また、図9のフローチャートは、測定装置30が2つの渦電流式磁気センサ31a、31bを備える場合に適用されるが、測定装置30が1つの渦電流式磁気センサ31のみを備える場合、及び、測定装置30が3つ以上の渦電流式磁気センサ31を備える場合についても同様に適用される。

【0103】

以上の構成により、鉄筋状態測定装置100は、コンクリートパネル1に埋設された主筋2の状態をより適切に測定できる。

【0104】

具体的には、鉄筋状態測定装置100は、渦電流式磁気センサ31の真下に主筋2があると判定したときの渦電流式磁気センサ31の出力に基づいて主筋2のかぶり厚を測定できる。そのため、主筋2のかぶり厚をより適切に測定できる。

【0105】

また、鉄筋状態測定装置100は、例えば、測定装置30がコンクリートパネル1の-Y側端部から+Y側端部まで或いは+Y側端部から-Y側端部まで移動する間に行われたステップST3の判定の回数を主筋2の本数と見なすことができる。そのため、主筋2の本数をより適切に導き出すことができる。

【0106】

また、鉄筋状態測定装置100は、渦電流式磁気センサ31の出力を対数変換して制御装置10に与える。そのため、渦電流式磁気センサ31が主筋2から遠ざかるにつれて渦電流式磁気センサ31の出力が指数関数的に低下する場合であっても、比較的大きなかぶり厚を含めた広い範囲のかぶり厚をより正確に測定できる。

【0107】

以上、本発明の好ましい実施例について詳説したが、本発明は、上述した実施例に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなしに上述した実施例に種々の変形及び置換を加えることができる。

【0108】

例えば、上述の実施例では、渦電流式磁気センサ31の出力が対数変換されるが、対数変換されなくてもよい。

【符号の説明】

【0109】

1・・・コンクリートパネル 1a・・・腹面 2、2a、2b・・・主筋 3、3a、3b・・・横補強筋 4・・・縦補強筋 5、5a、5b・・・交差部 10・・・制御装置 11・・・記憶部 12・・・演算部 20・・・入力装置 30・・・測定装置 31、31a、31b・・・渦電流式磁気センサ 32・・・対数変換器 35・・・固定ベース 36・・・固定マウント 37・・・レール 38・・・移動マウント 40・・・運動機構 41・・・第1運動機構 42・・・第2運動機構 100・・・鉄筋状態測定装置

10

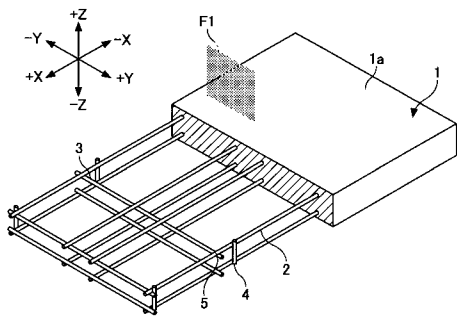
20

30

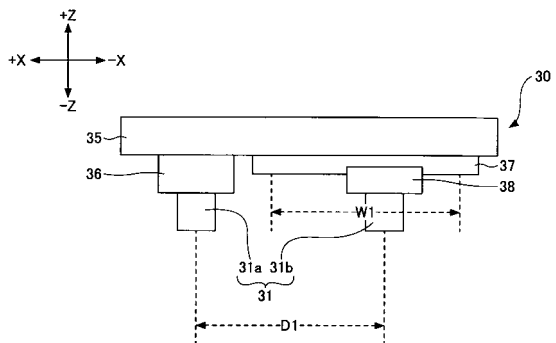
40

50

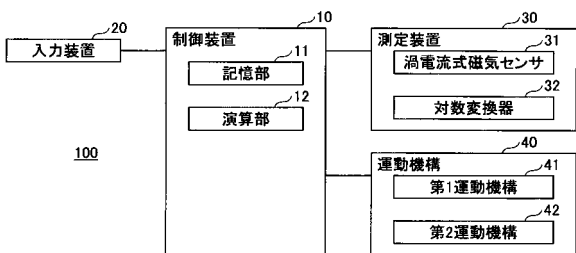
【図1】



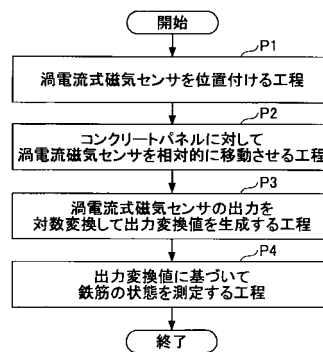
【図3】



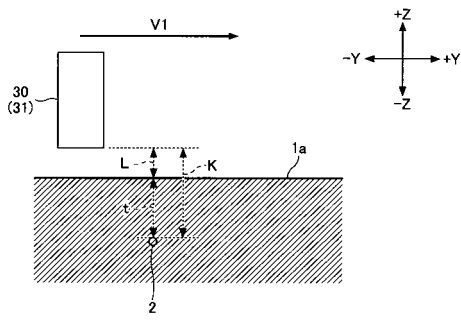
【図2】



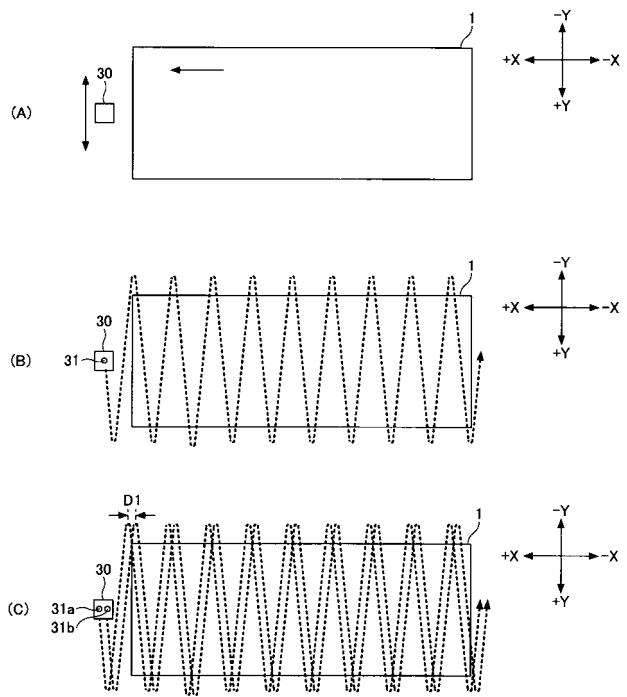
【図4】



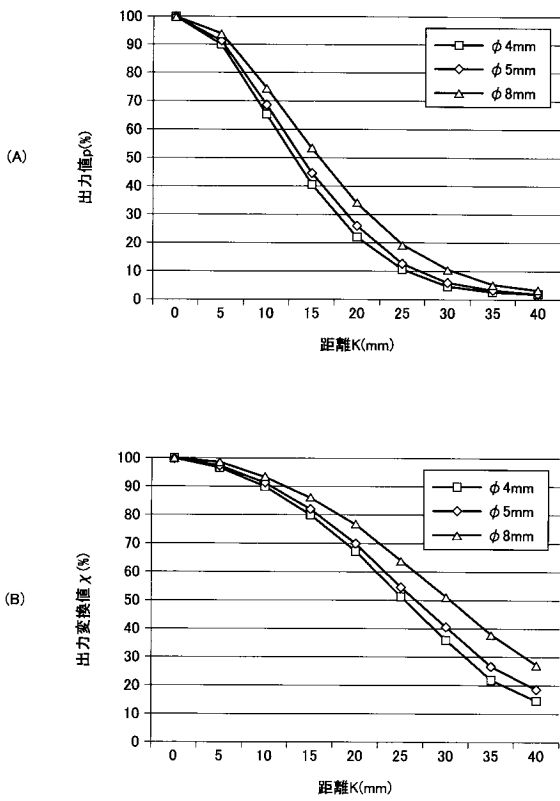
【 図 5 】



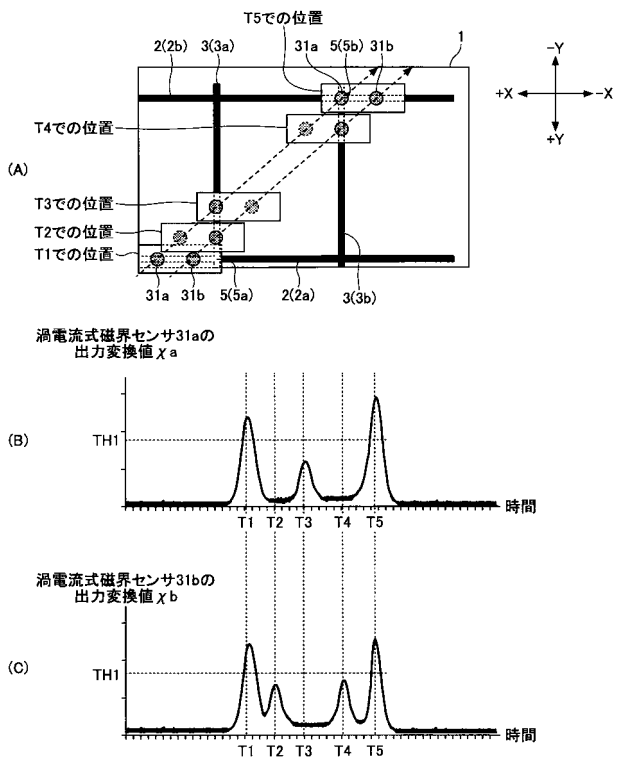
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

