

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5618728号
(P5618728)

(45) 発行日 平成26年11月5日(2014.11.5)

(24) 登録日 平成26年9月26日(2014.9.26)

(51) Int.Cl. F I
E O 4 G 21/12 (2006.01) E O 4 G 21/12 1 O 5 A
 E O 4 G 21/12 1 O 5 Z

請求項の数 3 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-211111 (P2010-211111) (22) 出願日 平成22年9月21日 (2010.9.21) (65) 公開番号 特開2012-67462 (P2012-67462A) (43) 公開日 平成24年4月5日 (2012.4.5) 審査請求日 平成25年8月20日 (2013.8.20)</p>	<p>(73) 特許権者 000000549 株式会社大林組 東京都港区港南二丁目15番2号 (73) 特許権者 504454060 株式会社アプライド・ビジョン・システムズ 茨城県つくば市吾妻2-5-1 つくば市 産業振興センター205 (74) 代理人 110000176 一色国際特許業務法人 (72) 発明者 池田 雄一 東京都清瀬市下清戸4丁目640番地 株 式会社大林組技術研究所内</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 配筋情報取得方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも一方の面が前記鉄筋と異なる色である帯状の板材と、前記板材の長手方向に所定の間隔をおいて設けられた複数のパターンとからなる鉄筋撮影用具を背景として撮影された鉄筋の画像のデータを取得した情報処理装置が、前記画像を処理し、前記鉄筋の径長を含む配筋情報を取得する方法であって、

前記情報処理装置は、

主筋の中心線が基準線となす第1角度を測定するステップと、

前記鉄筋撮影用具の中心線が基準線となす第2角度を測定するステップと、

前記第2角度に基づいて、前記鉄筋撮影用具の中心線が水平になるように前記画像を回転するステップと、

前記パターンに基づいて、前記画像における1ピクセルあたりの長さである1ピクセル長を特定するステップと、

前記主筋の、前記鉄筋撮影用具の中心線に沿ったピクセル数をカウントするステップと

、前記第1角度、前記第2角度、前記1ピクセル長及び前記ピクセル数に基づいて、前記主筋の径長を計算するステップと、

を実行することを特徴とする配筋情報取得方法。

【請求項2】

少なくとも一方の面が前記鉄筋と異なる色である帯状の板材と、前記板材の長手方向に

10

20

所定の間隔をおいて設けられた複数のパターンとからなる鉄筋撮影用具を背景として撮影された鉄筋の画像のデータを取得した情報処理装置が、前記画像を処理し、前記鉄筋の径長を含む配筋情報を取得する方法であって、

前記情報処理装置は、

主筋の中心線が基準線となす第1角度を測定するステップと、

前記鉄筋撮影用具の中心線が基準線となす第2角度を測定するステップと、

前記第1角度に基づいて、前記主筋の中心線が垂直になるように前記画像を回転するステップと、

前記画像内の鉄筋のうち、その中心線が垂直なものを主筋として特定し、その中心線が水平なものを補強筋として特定するステップと、

10

前記第1角度及び前記第2角度に基づいて、前記鉄筋撮影用具の中心線が水平になるように前記画像を回転するステップと、

前記パターンに基づいて、前記画像における1ピクセルあたりの長さである1ピクセル長を特定するステップと、

特定した前記主筋の、前記鉄筋撮影用具の中心線に沿った第1ピクセル数をカウントするステップと、

前記第1角度、前記第2角度、前記1ピクセル長及び前記第1ピクセル数に基づいて、前記主筋の径長を計算するステップと、

特定した前記補強筋の、前記鉄筋撮影用具の中心線に沿った第2ピクセル数をカウントするステップと、

20

前記第1角度、前記第2角度、前記1ピクセル長及び前記第2ピクセル数に基づいて、前記補強筋の径長を計算するステップと、

を実行することを特徴とする配筋情報取得方法。

【請求項3】

請求項1又は請求項2に記載の配筋情報取得方法であって、

前記基準線は、前記画像メモリのピクセル配置に対する垂直線又は水平線であることを特徴とする配筋情報取得方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、鉄筋撮影用具を用いて建設現場における鉄筋の本数、径長、間隔、材質等の配筋情報を取得する配筋情報取得方法に関する。

【背景技術】

【0002】

建築工事の現場においては、鉄筋コンクリート構造物の鉄筋を撮影し、その撮影した画像をコンピュータで処理すること（画像処理）により、鉄筋の本数、径及びピッチを計測する。そのとき、撮影対象となる鉄筋（対象鉄筋）は、通常、後方に位置する別の鉄筋や、様々な背景と重なるので、対象鉄筋の画像が不鮮明になり、画像処理の結果として計測される径長等の精度が悪くなる。そこで、画像処理による計測結果の精度を向上させるために、対象鉄筋だけを鮮明に撮影できるように、その後方に白いボードを設置することが

40

必要になる。特許文献1には配筋情報取得装置及びその方法が開示されており、段落0033には白いボードの設置に関して記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-122008号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1の配筋情報取得方法には、以下のような問題点がある。

50

(1) 白いボードは、その形状を工夫しない限り、スペースの狭い鉄筋内に挿入できない。すなわち、対象鉄筋の後方に白いボードをうまく設置できない。

(2) 別途、マーカを対象鉄筋に貼付する必要がある。

(3) 白いボード1枚で主筋及び補強筋の両方を計測することが困難である。

(4) 日射や外部の照明により、白いボードに対象鉄筋の影が映り、鉄筋径を誤計測するおそれがある。

【0005】

本発明は、上記課題を鑑みてなされたものであり、その主たる目的は、簡単に精度よく鉄筋の配筋情報を取得することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

また、本発明は、少なくとも一方の面が前記鉄筋と異なる色である帯状の板材と、前記板材の長手方向に所定の間隔をおいて設けられた複数のパターンとからなる鉄筋撮影用具を背景として撮影された鉄筋の画像のデータを取得した情報処理装置が、前記画像を処理し、前記鉄筋の径長を含む配筋情報を取得する方法（配筋情報取得方法）であって、前記情報処理装置が、主筋の中心線が基準線となす第1角度を測定するステップと、前記鉄筋撮影用具の中心線が基準線となす第2角度を測定するステップと、前記第2角度に基づいて、前記鉄筋撮影用具の中心線が水平になるように前記画像を回転するステップと、前記パターンに基づいて、前記画像における1ピクセルあたりの長さである1ピクセル長を特定するステップと、前記主筋の、前記鉄筋撮影用具の中心線に沿ったピクセル数をカウントするステップと、前記第1角度、前記第2角度、前記1ピクセル長及び前記ピクセル数に基づいて、前記主筋の径長を計算するステップと、を実行することを特徴とする。

この方法によれば、撮影した画像において、主筋が垂直になっていなくても、又は、鉄筋撮影用具が水平になっていなくても、主筋の角度及び鉄筋撮影用具の角度を測定し、それらの角度及びパターンを用いることにより、主筋の径長を精度よく計算することができる。

【0010】

また、本発明は、少なくとも一方の面が前記鉄筋と異なる色である帯状の板材と、前記板材の長手方向に所定の間隔をおいて設けられた複数のパターンとからなる鉄筋撮影用具を背景として撮影された鉄筋の画像のデータを取得した情報処理装置が、前記画像を処理し、前記鉄筋の径長を含む配筋情報を取得する方法（配筋情報取得方法）であって、前記情報処理装置が、主筋の中心線が基準線となす第1角度を測定するステップと、前記鉄筋撮影用具の中心線が基準線となす第2角度を測定するステップと、前記第1角度に基づいて、前記主筋の中心線が垂直になるように前記画像を回転するステップと、前記画像内の鉄筋のうち、その中心線が垂直なものを主筋として特定し、その中心線が水平なものを補強筋として特定するステップと、前記第1角度及び前記第2角度に基づいて、前記鉄筋撮影用具の中心線が水平になるように前記画像を回転するステップと、前記パターンに基づいて、前記画像における1ピクセルあたりの長さである1ピクセル長を特定するステップと、特定した前記主筋の、前記鉄筋撮影用具の中心線に沿った第1ピクセル数をカウントするステップと、前記第1角度、前記第2角度、前記1ピクセル長及び前記第1ピクセル数に基づいて、前記主筋の径長を計算するステップと、特定した前記補強筋の、前記鉄筋撮影用具の中心線に沿った第2ピクセル数をカウントするステップと、前記第1角度、前記第2角度、前記1ピクセル長及び前記第2ピクセル数に基づいて、前記補強筋の径長を計算するステップと、を実行することを特徴とする。

この方法によれば、鉄筋撮影用具を鉄筋内に斜めに挿入することにより、その鉄筋撮影用具を背景にして主筋及び補強筋を撮影し、撮影した画像を処理する。これによれば、主筋だけでなく、補強筋を含めて、鉄筋の径長を同時に精度よく計算することができる。

【0011】

また、本発明は、上記配筋情報取得方法において、前記基準線が、前記画像メモリのピクセル配置に対する垂直線又は水平線であることとしてもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 2 】

その他、本願が開示する課題及びその解決方法は、発明を実施するための形態の欄、及び図面により明らかにされる。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、簡単に精度よく鉄筋の配筋情報を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 4 】

【図 1】配筋情報取得システム 1 の構成を示す図である。

【図 2】携帯端末 4 のハードウェア構成を示す図である。

10

【図 3】管理サーバ 5 のハードウェア構成を示す図である。

【図 4】配筋情報取得システム 1 に記憶されるデータの構成を示す図であり、(a) は携帯端末 4 の記憶部 4 5 に記憶されるデータの構成を示し、(b) は管理サーバ 5 の記憶部 5 5 に記憶されるデータの構成を示す。

【図 5】異形鉄筋の状態を定義する図であり、(a) はリブ位置 0 ° の状態を示し、(b) はリブ位置 9 0 ° の状態を示し、(c) はリブ位置 6 0 ° の状態を示す。

【図 6】携帯端末 4 の鉄筋規格情報 4 5 2 の構成例を示す図である。

【図 7】鉄筋画像の撮影方法を示すフローチャートである。

【図 8】携帯端末 4 による画像処理の第 1 の実施例を示すフローチャートである。

【図 9】携帯端末 4 による鉄筋径推定の処理を示すフローチャートである。

20

【図 1 0】背景バー B に関する図であり、(a) は背景バー B の形状を示し、(b) はマーカの例を示す。

【図 1 1】実際の異形鉄筋の例を示す図である。

【図 1 2】主筋の配筋情報の取得処理を説明するための図であり、主筋及び背景バー B を撮影した画像を示す。

【図 1 3】主筋の配筋情報の取得処理を説明するための図であり、(a) は図 1 2 の画像を - だけ回転した画像を示し、(b) は測定原理を説明するための図を示す。

【図 1 4】携帯端末 4 による画像処理の第 2 の実施例を示すフローチャートである。

【図 1 5】主筋及び補強筋の配筋情報の取得処理を説明するための図であり、(a) は主筋及び補強筋の間に背景バー b を斜めに挿入した状態の画像を示し、(b) は(a) の画像において背景バー B の部分だけを 2 値化した画像を示す。

30

【図 1 6】主筋及び補強筋の配筋情報の取得処理を説明するための図であり、図 1 5 (a) の画像のうち、認識された主筋及び背景バー B を時計回りに - だけ回転した画像を示す。

【図 1 7】主筋及び補強筋の配筋情報の取得処理を説明するための図であり、図 1 5 (a) の画像のうち、認識された補強筋及び背景バー B を時計回りに - だけ回転した画像を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態を説明する。本発明の実施の形態に係る配筋情報取得システムは、建設現場において、マーカ（パターン）を両端に付した背景バーを異形鉄筋の後ろに配置し、デジタルカメラを用いて両端のマーカ及びその間の異形鉄筋を撮影し、携帯端末（配筋情報取得装置）を用いて撮影画像から異形鉄筋の本数、径長及びピッチ（間隔）等の配筋情報を求め、径長の分布から各鉄筋の種類（規格、公称直径や呼び径）を推定するものである。特に、背景バーを鉄筋の間に挿入可能な形状にし、その背景バーを斜めに挿入することにより、主筋及びせん断補強筋（以下、簡単に「補強筋」とする）の径長等を同時に計測することができる。なお、本実施の形態では、主筋は、鉛直方向に配置されているものとし、補強筋は、水平方向に配置されているものとする。

40

【 0 0 1 6 】

50

これによれば、現場で簡単に精度よく配筋情報を取得できるので、設計図面情報と比較、照合することにより、その場で出来形の正当性を判断することができる。

【 0 0 1 7 】

システムの構成と概要

図 1 は、配筋情報取得システム 1 の構成を示す図である。配筋情報取得システム 1 は、建設現場におけるデジタルカメラ 3 及び携帯端末 4 と、事務所における管理サーバ 5 とを備える。デジタルカメラ 3 と、携帯端末 4 との間は、U S B (Universal Serial Bus) ケーブル等による接続でデータの送受信が可能である。携帯端末 4 と、管理サーバ 5 との間は、無線通信等によりデータの送受信が可能である。

【 0 0 1 8 】

デジタルカメラ 3 は、鉄筋を含む柱、梁、床、壁等の撮影対象部位 2 を撮影するものであって、画素数が例えば 4 0 0 万画素以上であり、オートフォーカス機能をオフにできるものが用いられる。携帯端末 4 は、携帯型情報処理機器であり、デジタルカメラ 3 から撮影したデジタル画像を取り込んで配筋情報を生成し、管理サーバ 5 から設計図面情報を受信し、配筋情報と、設計図面情報とを比較、照合することにより、出来形が正当か否かを判定する。なお、携帯端末 4 は、P C (Personal Computer) やサーバで代用してもよい。管理サーバ 5 は、設計図面情報や工事写真情報を記憶する記憶部 5 5 を備え、それらの情報を携帯端末 4 と送受信する。

【 0 0 1 9 】

装置の構成

図 2 は、携帯端末 4 のハードウェア構成を示す図である。携帯端末 4 は、通信部 4 1、表示部 4 2、入力部 4 3、処理部 4 4 及び記憶部 4 5 を備える。通信部 4 1 は、デジタルカメラ 3 や管理サーバ 5 とデータ通信を行う部分であり、例えば、U S B ポートや N I C (Network Interface Card) 等によって実現される。表示部 4 2 は、処理部 4 4 からの指示によりデータを表示する部分であり、例えば、液晶ディスプレイ (L C D : Liquid Crystal Display) 等によって実現される。入力部 4 3 は、オペレータがデータ (例えば、鉄筋規格情報等のデータ) を入力する部分であり、例えば、キーボードやマウス等によって実現される。処理部 4 4 は、各部間のデータの受け渡しを行うとともに、携帯端末 4 全体の制御を行うものであり、C P U (Central Processing Unit) が所定のメモリに格納されたプログラムを実行することによって実現される。記憶部 4 5 は、処理部 4 4 からデータを記憶したり、記憶したデータを読み出したりするものであり、例えば、フラッシュメモリやハードディスク装置等の不揮発性記憶装置によって実現される。

【 0 0 2 0 】

図 3 は、管理サーバ 5 のハードウェア構成を示す図である。管理サーバ 5 は、通信部 5 1、表示部 5 2、入力部 5 3、処理部 5 4 及び記憶部 5 5 を備える。通信部 5 1 は、無線ネットワークを介して携帯端末 4 とデータ通信を行う部分であり、例えば、N I C 等によって実現される。表示部 5 2 は、処理部 5 4 からの指示によりデータを表示する部分であり、例えば、液晶ディスプレイ等によって実現される。入力部 5 3 は、オペレータがデータ (例えば、設計図面情報等のデータ) を入力する部分であり、例えば、キーボードやマウス等によって実現される。処理部 5 4 は、各部間のデータの受け渡しを行うとともに、管理サーバ 5 全体の制御を行うものであり、C P U が所定のメモリに格納されたプログラムを実行することによって実現される。記憶部 5 5 は、処理部 5 4 からデータを記憶したり、記憶したデータを読み出したりするものであり、例えば、フラッシュメモリやハードディスク装置等の不揮発性記憶装置によって実現される。

【 0 0 2 1 】

データの構成

図 4 は、配筋情報取得システム 1 に記憶されるデータの構成を示す図である。図 4 (a) は、携帯端末 4 の記憶部 4 5 に記憶されるデータの構成を示す。記憶部 4 5 は、画像処理プログラム 4 5 1 及び鉄筋規格情報 4 5 2 を記憶する。画像処理プログラム 4 5 1 は、デジタルカメラ 3 で撮影された画像データから配筋情報を取得し、設計図面情報との適合

10

20

30

40

50

性を判定する処理を行うプログラムであり、当該処理の必要に応じて処理部 4 4 の指示により記憶部 4 5 から読み出される。鉄筋規格情報（鉄筋種類情報）4 5 2 は、径長の分布から鉄筋の規格（種類）を求めるために用いられるテーブル情報である。その詳細は、別途説明する。

【 0 0 2 2 】

図 4 (b) は、管理サーバ 5 の記憶部 5 5 に記憶されるデータの構成を示す。記憶部 5 5 は、設計図面情報 5 5 1 及び工事写真情報 5 5 2 を予め記憶する。設計図面情報 5 5 1 は、鉄筋等、建造物の設計に係る図面情報（異形鉄筋の径長を含む）であり、管理者により記憶部 5 5 に登録され、必要に応じて管理サーバ 5 から携帯端末 4 に送信される。工事写真情報 5 5 2 は、実際の建設現場における建造物の写真情報であり、デジタルカメラ 3

10

【 0 0 2 3 】

図 5 は、異形鉄筋の状態を定義する図である。異形鉄筋は、建物の構造用材料の一つであり、鉄製の棒を圧延して表面に凹凸を設けた棒状の鋼材である。凹凸として、図 5 に示すように、節（フシ）と、リブとが設けられている。鉄筋の軸線に対して垂直な方向から見た（撮影した）場合、リブの位置（角度）によって異形鉄筋の径長が異なる。以下、リブが正面に向いた状態をリブ位置 0 ° として、3 つの状態について説明する。

【 0 0 2 4 】

図 5 (a) は、リブ位置 0 ° の状態を示す。この状態のリブは、正面に位置するので、径長には影響しない。図面に向かって右側の節と、左側の節とは、軸線方向に沿って交互に設けられている。従って、異形鉄筋の径長としては、節を含まない径長 d_0 と、1 つの節を含む径長 d_1 とが抽出される。

20

【 0 0 2 5 】

図 5 (b) は、リブ位置 9 0 ° の状態を示す。この状態のリブは両端に位置し、節はリブに含まれるので、異形鉄筋の径長としては、両端のリブを含む径長 d_2 が抽出される。

【 0 0 2 6 】

図 5 (c) は、リブ位置 6 0 ° の状態を示す。この状態のリブは、突起の高さによっては径長に影響を与える。図面に向かって右側の節は見えるが、左側の節は見えない。従って、異形鉄筋の径長としては、節を含まない径長 d_3 と、1 つの節を含む径長 d_4 とが抽出される。なお、図 1 1 は、実際の異形鉄筋の例を示す図である。

30

【 0 0 2 7 】

図 6 は、携帯端末 4 の鉄筋規格情報 4 5 2 の構成例を示す図である。鉄筋規格情報 4 5 2 は、撮影した鉄筋画像における径長の分布からリブ位置を推定し、さらに該当する鉄筋の規格（種類）を特定するためのテーブル情報であり、呼び径 4 5 2 1、公称直径 4 5 2 2 及びリブ位置 4 5 2 3 を含むレコードから構成される。呼び径 4 5 2 1 は、異形鉄筋の呼び径を示す。公称直径 4 5 2 2 は、呼び径 4 5 2 1 の異形鉄筋について一般に言われる直径（径長）を示す。リブ位置 4 5 2 3 は、リブが正面の状態を 0 ° とした場合のリブの位置（角度）を示すものであり、そのリブ位置 4 5 2 3 が 0 ~ 6 0 °、6 0 ~ 7 5 ° 及び 7 5 ~ 9 0 ° の 3 つの場合に対してそれぞれ径長の下限值及び上限値が示されている。なお、節やリブの形状や大きさに応じて径長の見え方が変わるので、リブ位置 4 5 2 3 の範囲は、2 つに分けてもよいし、4 つ以上に分けてもよい。

40

【 0 0 2 8 】

鉄筋径の推定においては、まず、径長の分布から 3 つのリブ位置 4 5 2 3 のうち、1 つが推定され、径長の中央値（median）を下限値及び上限値の範囲と比較、照合し、呼び径 4 5 2 1 及び公称直径 4 5 2 2 の鉄筋規格を特定する。その詳細は、後記する。

【 0 0 2 9 】

システムの処理

図 7 は、鉄筋画像の撮影方法を示すフローチャートである。これは、建設現場において、撮影者が背景バー及びデジタルカメラ 3 を用いて鉄筋を撮影し、その撮影画像を携帯端

50

末4に転送し、携帯端末4を用いて撮影画像から配筋情報を取得する手順を示すものである。

【0030】

まず、撮影者は、デジタルカメラ3を決定する(S701)。その際、400万画素以上の設定が可能であり、かつ、オートフォーカス機能を切れるものか否かを確認し(S702)、その条件が合わなければ(S702のNO)、再度デジタルカメラ3を選び直す(S701)。当該条件が合えば(S702のYES)、決定したデジタルカメラ3のオートフォーカス機能をオフにし、撮影対象部位2と、デジタルカメラ3との間の適正な距離(例えば、2m)で焦点が合うように調節する(S703)。これ以降は、焦点距離を一定とする。そして、キャリブレーションボードを撮影し、カメラパラメータを取得する(S704)。これは、カメラキャリブレーションと呼ばれるもので、格子模様や等間隔ドットを印刷した紙であるボードを撮影することにより、デジタルカメラ3の歪み等を検出するものである。

10

【0031】

次に、撮影者は、鉄筋を含む撮影対象部位2を決定し(S705)、その鉄筋の背後に背景バーを挿入する(S706)。背景バーを固定するために、主筋だけがある場合には、磁石等を用いることが考えられ、一方、主筋及び補強筋の両方がある場合には、入り組んだ鉄筋の間に立て掛けるだけでもよい。

【0032】

図10(a)は、背景バーBの形状を示す図である。背景バーBは、板材BA、マーカMK1及びMK2からなる。板材BAは、鉄筋を撮影する際の背景になる帯状の板材であり、少なくとも一方の面に鉄筋と異なる色(例えば、白色)が着けられ、さらに反射材が貼付される。反射材は、蛍光塗料等を塗布したものである。これによれば、鉄筋をフラッシュ撮影したときに、鉄筋の影が映らなくなり、撮影画像の画質が向上する。なお、板材BAに直接蛍光塗料を塗布してもよい。

20

【0033】

板材BAの幅 T_1 は、異形鉄筋のフシのピッチ(例えば、20mm)より大きく、かつ、補強筋の間隔(例えば、100mm)より小さく、例えば、50mmに形成される。一方、マーカMK1及びMK2は、板材BAの両端に付され、その幅 T_2 は、補強筋の間隔(例えば、100mm)より小さく、例えば、70mm以下に形成される。

30

【0034】

これによれば、板材BAの幅 T_1 がフシのピッチより大きいので、背景バーBの位置にかかわらず、背景バーBの前にいずれかのフシが必ず存在した状態で撮影できる。従って、フシの分布を把握しつつ、鉄筋の最大径長を計測できる。そのとき、幅 T_1 が限られた大きさなので、計算時間の短縮を図れる。また、板材BAの幅 T_1 及びマーカMK1、MK2の幅 T_2 が補強筋のピッチより小さいので、補強筋と干渉することなく、容易に背景バーBを鉄筋内に挿入することができる。

【0035】

マーカは、自然界に存在しない特徴的な形状であり、事前にその大きさ(寸法)が分かっているものであって、マーカの大きさと、撮影した画像におけるマーカ内のピクセル数とから1ピクセル当たりの長さ(1ピクセル長)を求め、一方、2つのマーカMK1と、MK2との間をスキャンすることによりその間にある鉄筋を認識し、さらには、撮影対象部位2と、デジタルカメラ3との間の距離を推定するために用いられる。

40

【0036】

図10(b)は、マーカの例を示す図である。クロスマーカ及び円形マーカが示されている。背景バーBにマーカMK1、MK2を付与し、背景バーBを鉄筋の背後に設置することにより、デジタルカメラ3から同一の距離にあるマーカ及び鉄筋を撮影できるため、撮影された画像データにおいて、マーカと鉄筋との間で1ピクセル当たりの長さが等しくなるので、精度よく径長やピッチを求めることができる。

【0037】

50

そして、対象を適正な距離（例えば、2 m）だけ離れた位置からデジタルカメラ 3 で撮影し（S 7 0 7）、撮影画像を携帯端末 4 に転送し、画像処理を実行する（S 7 0 8）。なお、デジタルカメラ 3 の撮影方向の垂直角度は約 0 ° とし、水平角度は任意とする。携帯端末 4 による画像処理の詳細は、後記する。画像処理の後、携帯端末 4 の表示部 4 2 に計算結果が表示される（S 7 0 9）。そして、その計算結果が、設計図面情報の鉄筋径、ピッチであれば（S 7 1 0 の Y E S）、配筋状態が正常であるとして、撮影作業を終了する。一方、計算結果が設計図面情報の鉄筋径、ピッチでなければ（S 7 1 0 の N O）、撮影者は、配筋の是正を現場の作業者に指示し（S 7 1 1）、是正が実施された後、撮影対象部位 2 を再度決定し（S 7 0 5）、撮影作業を行う。

【 0 0 3 8 】

10

図 8 は、携帯端末 4 による画像処理の第 1 の実施例を示すフローチャートである。この処理は、携帯端末 4 がデジタルカメラ 3 から画像データを取得し、内蔵の画像メモリに格納したときに行われる。この実施例では、撮影対象部位 2 が主筋のみの場合の処理について説明する。

【 0 0 3 9 】

まず、携帯端末 4 は、画像処理プログラムを呼び出す（S 8 0 1）。具体的には、処理部 5 4 が、記憶部 5 5 から画像処理プログラム 4 5 1 を読み出し、主記憶装置（メインメモリ）にロードし、プログラムカウンタ（制御ポインタ）を画像処理プログラム 4 5 1 の開始アドレスに位置付ける。これにより、携帯端末 4 の処理部 4 4 が画像処理プログラム 4 5 1 に従って処理を開始する。その処理フローが S 8 0 2 ~ S 8 1 4 に示されている。

20

【 0 0 4 0 】

まず、携帯端末 4（処理部 4 4）は、デジタル画像、カメラ焦点距離 FL [pixel]、マーカ $MK 1$ 、 $MK 2$ 内の基準長 [mm] 及びマーカ間距離 M [mm] を取得する（S 8 0 2）。デジタル画像は、デジタルカメラ 3 から、USB ケーブルを経由して画像メモリ内に取得する。カメラ焦点距離 FL 、マーカ内基準長及びマーカ間距離 M は、撮影者の操作により入力部 5 3 を通じて取得する。なお、マーカ内基準長は、マーカ $MK 1$ 、 $MK 2$ における基準となる長さであり、例えば、円形マーカならば、その円の直径の長さが適用される。次に、画像の補正及び二値化を行う（S 8 0 3）。具体的には、S 7 0 4 で取得したカメラパラメータを用いてデジタル画像の歪み等を補正し、補正したデジタル画像をピクセル値 = 0（黒）又は 1（白）の白黒画像に変換する。

30

【 0 0 4 1 】

続いて、携帯端末 4 は、二値化された画像データから、主筋 S が垂直線となす角度及び背景バー B が水平線となす角度を測定する（S 8 0 4）。図 1 2 を用いて説明すると、垂直線は、画像メモリ IM におけるピクセル配置の縦方向に平行な直線を意味し、水平線は、画像メモリ IM におけるピクセル配置の横方向に平行な直線を意味するものとする。角度は、時計回りの方向を正とする。そして、画像メモリ IM において縦方向に延びる、ピクセル値が 0（黒）の矩形領域を主筋 S とし、その矩形の長辺に平行で、かつ、その矩形の中心を通る直線を主筋 S の中心線として抽出し、その中心線と、垂直線との間の角度をとす。また、マーカ $MK 1$ 及び $MK 2$ の中心を通る直線を背景バー B の中心線として抽出し、その中心線と、水平線との間の角度をとす。

40

【 0 0 4 2 】

続いて、携帯端末 4 は、元の画像を時計回りに θ だけ回転し、背景バー B を水平線と平行にする（S 8 0 5）。図 1 3 (a) は、図 1 2 の画像を θ だけ回転したものであり、背景バー B の中心線が水平線と平行になっている。

【 0 0 4 3 】

次に、背景バー B の部分だけの画像を抽出する（S 8 0 6）。図 1 3 (b) の上方には、背景バー B の部分だけを抽出した画像が示されている。そして、マーカ $MK 1$ 、 $MK 2$ の、背景バー B に沿った最大ピクセル数をカウントする（S 8 0 7）。具体的には、マーカである円形の直径のうち、最大の直径を特定し、その径長に含まれるピクセル数をカウントする。そして、マーカ内基準長をピクセル数で除することにより、1 ピクセル当たり

50

の長さが求められる。これによれば、円形のマーカを用いることにより、どの方向からマーカを見ても最大直径が一定になるので、マーカの向きが変わっても精度よく1ピクセル当たりの長さを特定することができる。さらに、カメラからの距離 L_{m1} 、 L_{m2} 、 L_H を求める。(S808)。図13(b)に示すように、距離 L_{m1} は、カメラと、マーカMK1との間の距離である。距離 L_{m2} は、カメラと、マーカMK2との間の距離である。距離 L_H は、カメラと、背景バーBとの間の最短距離であり、カメラと、各鉄筋との間の距離を計算する際に用いられる。各距離は、以下の式1、2、3によって求められる。

$$L_{m1} = FL \times (\text{マーカMK1の基準長} / \text{マーカMK1のピクセル数}) \cdots \text{式1}$$

$$L_{m2} = FL \times (\text{マーカMK2の基準長} / \text{マーカMK2のピクセル数}) \cdots \text{式2}$$

$$L_H = (L_{m1}^2 - (L_{m1}^2 - L_{m2}^2 + M^2) / 4M^2) \cdots \text{式3}$$

【0044】

さらに、携帯端末4は、各主筋の径を推定する(S809)。主筋の径長を推定することによって、鉄筋としての種類を特定する。この処理の詳細は、サブルーチンの処理として別途説明する。

【0045】

次に、携帯端末4は、デジタルカメラ3の座標(位置)、姿勢及び設計図面情報を取得する(S810)。デジタルカメラ3の座標は、例えば、GPS(Global Positioning System)機器を接続することにより、撮影画像に付与される位置情報として取得する。デジタルカメラ3の姿勢は、撮影時のカメラ姿勢を検知する機能(デジタルカメラ3又は接続機器の機能)により取得する。設計図面情報は、携帯端末4が、管理サーバ5の記憶部55に記憶された設計図面情報551を受信することにより、取得する。そして、撮影された画像の対象部位(工事箇所)を特定し、該当する設計図面情報との適合性を判定する(S811)。例えば、推定した異形鉄筋の径長と、設計図面情報に含まれる異形鉄筋の径長との適合性を判定する。

【0046】

図面通りできていれば(S812のYES)、携帯端末4は、設計図面情報及び認識情報を表示部42に出力する(S813)。設計図面情報は、図面上の鉄筋の対象部位、座標、本数、ピッチ、径長等である。認識情報は、実際の鉄筋の本数、ピッチ及び径長である。図面通りできていなければ(S812のNO)、異常内容を示す配筋異常情報、設計図面情報及び認識情報を表示部42に出力する(S814)。なお、適合性の判定結果を表示部42に出力するのではなく、通信部41を通じて他の装置に送信することも可能である。

【0047】

図9は、携帯端末4による鉄筋径推定の処理を示すフローチャートである。これは、画像処理プログラムのうち、主筋及び補強筋を含む鉄筋径の推定サブルーチンの処理であり、二値化した画像データから、各鉄筋の連続的な径長を抽出し、その径長データを整形してデータの個数及び最頻値を求め、最頻値を個数で除した値(径長データのばらつきの指標値)に応じて鉄筋の規格を特定するものである。

【0048】

まず、携帯端末4は、背景バーBに対して垂直方向の1pixelずつの位置に対応する連続的な径長[mm]を抽出する(S901)。図13(b)で説明すると、まず、背景バーBに対して垂直方向の所定位置においてマーカMK1からMK2へ、ピクセル値が0(黒)のピクセルをサーチし、鉄筋径の背景バーBに沿ったピクセル数 W_p を求める。そのとき、鉄筋、マーカ間の背景バーBに沿ったピクセル数 P も求める。ここで、鉄筋間のピクセル数、すなわち、配筋ピッチは、隣り合う鉄筋の中心軸間の間隔を示すものであり、例えば、左側エッジ間ピクセル数及び右側エッジ間ピクセル数の平均値として算出される。

【0049】

続いて、鉄筋、マーカ間の背景バーBに沿った距離 m を求め、カメラから各鉄筋までの

10

20

30

40

50

距離 L_t を求め、各鉄筋径 W_m 及び鉄筋ピッチ m' を求める。例えば、図 13 (b) の鉄筋 2 に関しては、以下の式 4、5、6、7 で求められる。なお、式 6 及び式 7 は、主筋に関する計算式である。補強筋に関しては、後記する。

$$m_2 = M \times P_2 / P_n \quad (P_n : n = 1 \sim 6) \quad \dots \text{式 4}$$

$$L_{t2} = (L_H^2 + m_2^2) \quad \dots \text{式 5}$$

$$W_{m2} = W_{p2} \times L_{t2} / FL \times \cos(\quad) \quad \dots \text{式 6}$$

$$m_2' = m_2 \times \cos(\quad) \quad \dots \text{式 7}$$

L_{t1} を求めるときには、式 4 の P_2 を $P_1 + P_2$ に置き換える。 L_{t3} を求めるときには、式 4 の P_2 を P_3 に置き換える。 L_{t4} を求めるときには、式 4 の P_2 を $P_3 + P_4$ に置き換える。

10

【0050】

次に、携帯端末 4 は、データの整形として、背景バー B に対して垂直方向に、背景バー B の中心線から、例えば、 ± 500 pixel の位置に対応する径長を抜き出す (S902)。そして、抜き出した 1000 個の径長の中央値 M を取得する (S903)。この場合、中央値 M は、500 番目の径長と、501 番目の径長との平均値になる。さらに、データの整形として、1000 個の径長データのうち、 $0.8M \sim 1.2M$ に該当するデータを抜き出す (S904)。そして、抜き出した径長データの個数 N を取得する (S905)。さらに、データの整形として、 $N \times 0.01$ 個未満のデータを削除する (S906)。これによれば、径長データの個数 N の 1% に満たない個数のデータを除外するので、測定誤差等によって生じる、極端に大きい、又は、極端に小さい径長データ等を排除することができる。その後、整形終了後のデータ個数 N_i 及び最頻値 Y_{max} を取得する (S907)。

20

【0051】

そこで、 Y_{max} / N_i の値を求め、その値に応じて鉄筋の状態 (リブ位置) を推定する。これは、異形鉄筋には節及びリブが設けられているため、鉄筋の向きによって節及びリブの見え方が変わり、抽出される径長データの分布も変わるので、逆に径長データのばらつきの指標値から鉄筋の向きを推定するものである。

【0052】

まず、 Y_{max} / N_i の値が 0.35 未満の場合 (S908 の YES)、鉄筋の状態 (リブ位置) が $0^\circ \sim 60^\circ$ であり (S909)、データ整形後の中央値 M_i を取得し (S910)、記憶部 45 の鉄筋規格情報 452 (図 6 参照) におけるリブ位置 4523 のうち、 $0 \sim 60$ の欄を参照する (S911)。 Y_{max} / N_i の値が 0.35 以上、かつ、 0.45 未満の場合 (S912 の YES)、鉄筋の状態 (リブ位置) が $60^\circ \sim 75^\circ$ であり (S913)、データ整形後の中央値 M_i を取得し (S914)、記憶部 45 の鉄筋規格情報 452 におけるリブ位置 4523 のうち、 $60 \sim 75$ の欄を参照する (S915)。 Y_{max} / N_i の値が 0.45 以上の場合 (S912 の NO)、鉄筋の状態 (リブ位置) が $75^\circ \sim 90^\circ$ であり (S916)、データ整形後の中央値 M_i を取得し (S917)、記憶部 45 の鉄筋規格情報 452 におけるリブ位置 4523 のうち、 $75 \sim 90$ の欄を参照する (S918)。

30

【0053】

鉄筋規格情報 452 を参照した結果、中央値 M_i に対応する鉄筋規格 (呼び径 4521 及び公称直径 4522) が存在するか否かを判定する (S919)。具体的には、中央値 M_i を含む径長の下限值と上限値の組合せが各欄にあるか否かを判定する。存在すれば (S919 の YES)、該当した鉄筋規格を取得する。存在しなければ (S919 の NO)、計測が失敗したことになる (S921)。これによれば、鉄筋のリブ位置 (向き) に対応した鉄筋規格情報 452 を用いるので、どの角度から撮影したとしても、精度よく鉄筋規格を取得することができる。

40

【0054】

主筋及び補強筋が混在する場合の処理

図 14 は、携帯端末 4 による画像処理の第 2 の実施例を示すフローチャートであり、図

50

8のフローチャートにS1405、S1411～S1415の処理を追加したものである。この実施例では、撮影対象部位2において主筋及び補強筋が混在している場合に、主筋と、補強筋とを判別し、それぞれの配筋情報を取得する処理について説明する。

【0055】

まず、携帯端末4は、図8のS801～S804の処理と同様に、画像処理プログラムを呼び出し、デジタル画像や焦点距離等を取得し、画像の二値化を行い、主筋Sが垂直線となす角度を測定する(S1401～S1404)。続いて、S1403で二値化した画像データを時計回りに θ だけ回転し、主筋Sの中心線が垂直線と平行になるようにし、背景バーBの部分だけを対象として抽出した、ピクセル値が0(黒)の領域について、主筋か、補強筋かを判別する(S1405)。このとき、黒の領域の個数により鉄筋の本数が分かる。

10

【0056】

図15～図17は、主筋及び補強筋が混在したときの処理を説明するための図である。図15(a)は、主筋及び補強筋の間に背景バーBを斜めに挿入した状態の画像を示し、主筋と補強筋とのなす角度が 90° であり、主筋Sの中心線が垂直線と平行であり、背景バーBの中心線と水平線とのなす角度が θ である。次に、図15(b)は、図15(a)の画像において背景バーBの部分だけを抽出した画像を示す。その画像の、ピクセル値が0(黒)の領域について、中心線と水平線とのなす角度が 90° の箇所が主筋と認識され、 W_{spi} ($i = 1 \sim 5$)が主筋の径長となる。一方、中心線と水平線とのなす角度が 0° の箇所が補強筋と認識され、 W_{hpj} ($j = 1, 2$)が補強筋の径長となる。

20

【0057】

次に、携帯端末4は、背景バーBの中心線が水平線と平行になるように、主筋及び背景バーBを θ 回転する(S1406)。図16は、図15(a)の画像のうち、認識された主筋及び背景バーBを時計回りに θ だけ回転した画像を示す。そして、背景バーBの部分だけの画像を抽出する(S1407)と、図13(b)の上方に示すような、マーカ及び主筋の画像になるので、図8のS807～S809の処理と同様に、各主筋の径長及びピッチを計算する(S1408～S1410)。詳細には、式1～7により計算するが、式6及び式7において、 $\cos(\theta + \alpha)$ の代わりに $\cos \alpha$ を用いる。

【0058】

続いて、携帯端末4は、背景バーBの中心線が水平線と平行になるように、補強筋及び背景バーBを θ 回転する(S1411)。図17は、図15(a)の画像のうち、認識された補強筋及び背景バーBを時計回りに θ だけ回転した画像を示す。そして、背景バーBの部分だけの画像を抽出する(S1412)と、図13(b)の上方に示すような、マーカ及び補強筋の画像になるので、図8のS807～S809の処理と同様に、各補強筋の径長及びピッチを計算する(S1413～S1415)。詳細には、式1～7により計算するが、式6及び式7において、 $\cos(\theta + \alpha)$ の代わりに $\sin \alpha$ を用いる。

30

【0059】

さらに、携帯端末4は、図8のS810～S814の処理と同様に、計算した配筋情報が設計図面情報の通りか否かを判断し、その結果に応じた情報を出力する(S1416～S1420)。

40

【0060】

以上本発明の実施の形態について説明したが、図1に示す配筋情報取得システム1の各装置を機能させるために、各装置の処理部で実行されるプログラムをコンピュータにより読み取り可能な記録媒体に記録し、その記録したプログラムをコンピュータに読み込ませ、実行させることにより、本発明の実施の形態に係る配筋情報取得システム1が実現されるものとする。なお、プログラムをインターネット等のネットワーク経由でコンピュータに提供してもよいし、プログラムが書き込まれた半導体チップ等をコンピュータに組み込んでもよい。

【0061】

以上説明した本発明の実施の形態によれば、まず、マーカMK1及びMK2と、白い板

50

材 B A とを一体化した背景バー B を鉄筋内に挿入すればよいので、対象鉄筋に直接貼付するマーカや目盛り付きの定規が不要になり、撮影する前にセットするものが少なく済む。次に、背景バー B と鉄筋をフラッシュ撮影することにより、鉄筋の影による影響を抑えられるので、径長や配筋ピッチの誤計測を大幅に削減することができる。そして、1つの背景バー B を用いることにより、主筋及び補強筋の両方の配筋情報を簡便に取得することが可能である。

【 0 0 6 2 】

その他の実施の形態

以上、本発明を実施するための最良の形態について説明したが、上記実施の形態は本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定して解釈するためのものではない。本発明はその趣旨を逸脱することなく変更、改良され得るとともに、本発明にはその等価物も含まれる。例えば、以下のような実施の形態が考えられる。

10

【 0 0 6 3 】

(1) 上記実施の形態においては、図 9 の S 9 0 3 で 1 0 0 0 個の径長データから中央値を取得するものとしたが、他の代表値 (例えば、最頻値等) を取得するようにしてもよい。

【 0 0 6 4 】

(2) マーカは円形に限らず、例えば、正面から見たときに四角形のものであってもよい。また、マーカは、板材 B A の両端に 2 つ設けられるのに限らず、板材 B A の長手方向に所定の間隔をおいて 3 つ以上設けられてもよい。このとき、配筋情報を取得する必要がある鉄筋を選択し、複数のマーカから、選択した鉄筋を挟む位置にある 2 つのマーカを特定し、その 2 つのマーカを用いることが考えられる。

20

【 0 0 6 5 】

(3) 主筋 S が垂直線となす角度及び背景バー B が水平線となす角度を測定し、それらの角度を用いるものとしたが、垂直線や水平線に限らず、画像メモリ I M におけるピクセル配置の縦方向又は横方向に対する角度が確定していれば、他の基準線を使ってもよく、また、主筋 S 及び背景バー B それぞれに対する 2 つの基準線に限らず、1つの基準線を使ってもよい。

【 0 0 6 6 】

(4) 上記実施形態においては、例えば図 1 3 (b) に示すように、カメラと背景バーとが正対 (カメラの光軸と背景バーとが直交) していることを前提として説明したが、カメラと鉄筋及び背景バーとが正対しておらず、例えば、背景バーがカメラに対して奥行方法に傾斜している場合にも上記実施形態と同じ式 1 ~ 7 により鉄筋の径長等を計測することが可能である。

30

【 符号の説明 】

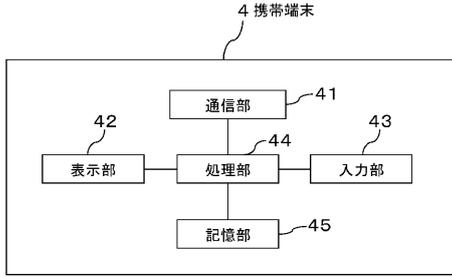
【 0 0 6 7 】

- 1 配筋情報取得システム
- 2 撮影対象部位
- 3 デジタルカメラ
- 4 携帯端末 (配筋情報取得装置、情報処理装置)
- 4 4 処理部
- 4 5 記憶部
- 4 5 1 鉄筋規格情報 (鉄筋種類情報)
- 5 管理サーバ
- B 背景バー (鉄筋撮影用具)
- B A 板材
- F L 焦点距離
- L m、L_H、L_t カメラからの距離
- M K 1、M K 2 マーカ (パターン)
- W p ピクセル数

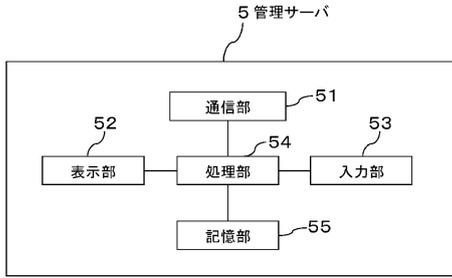
40

50

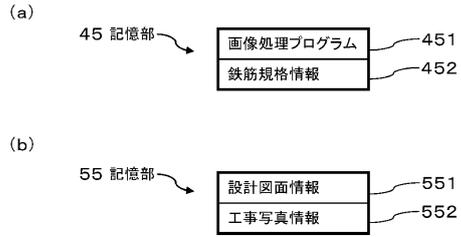
【図2】



【図3】

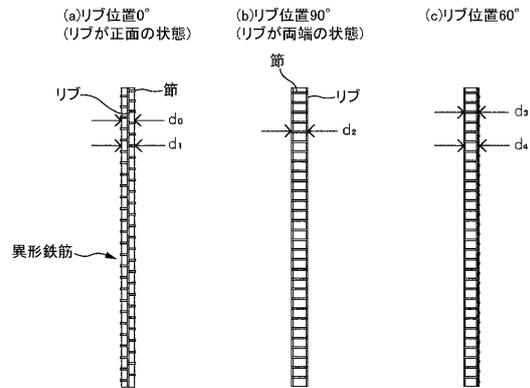


【図4】



【図5】

異形鉄筋の状態定義

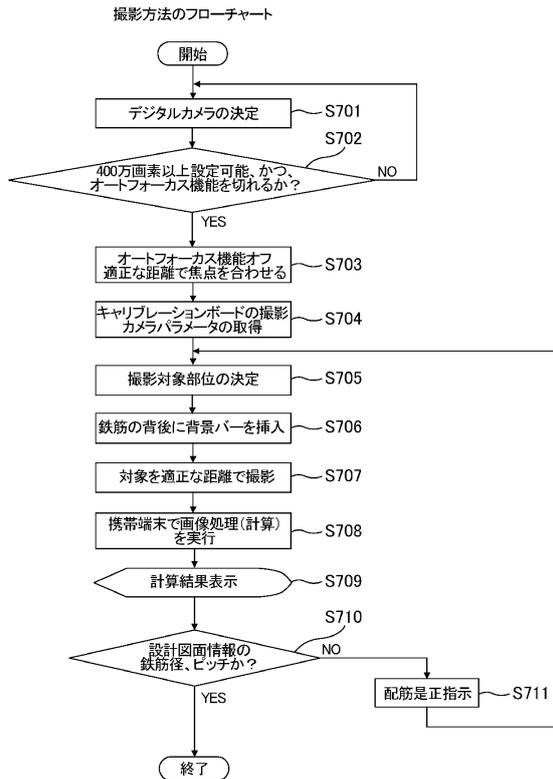


【図6】

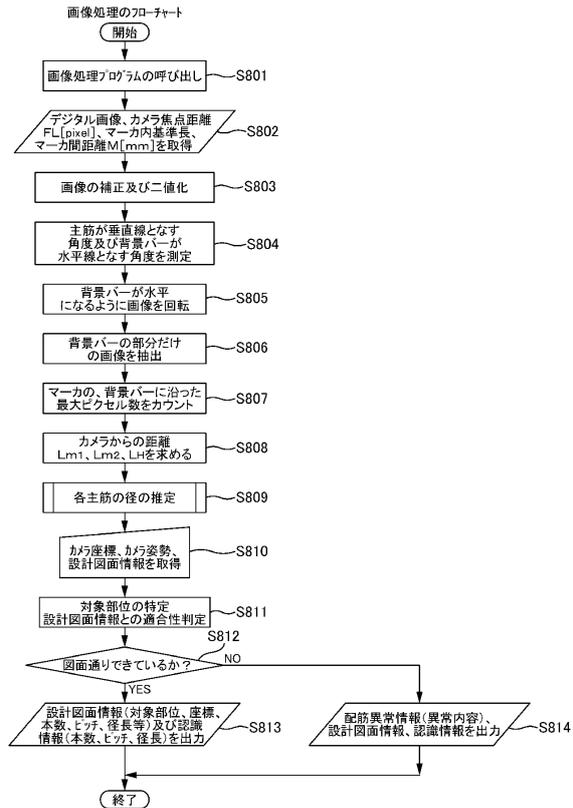
452 鉄筋規格情報

呼び径	公称直径	リブ位置 [°]					
		0~60		60~75		75~90	
		下限値	上限値	下限値	上限値	下限値	上限値
D10	9.53	8	10	9	11	10	12
D13	12.7	11	13	12	14	13	15
D16	15.9	14	16	16	18	16	18
D19	19.1	18	20	19	21	19	21
D22	22.2	21	23	22	24	23	25
D25	25.4	24	26	25	27	26	28
D29	28.6	27	29	28	30	29	31
D32	31.8	30	32	31	33	32	34
D35	34.9	33	35	35	37	35	37
D38	38.1	37	39	38	40	38	40
D41	41.3	40	42	41	43	42	44
D51	50.8	49	51	50	52	51	53

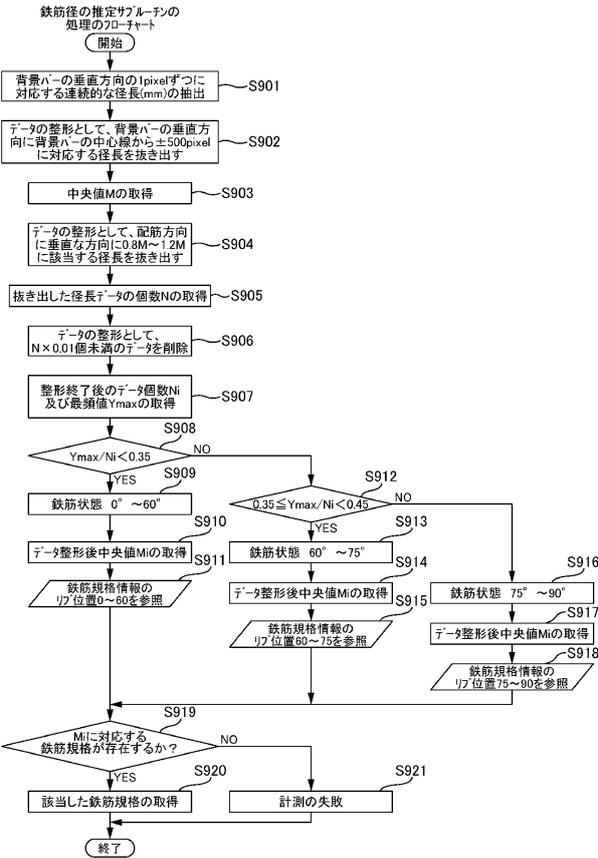
【図7】



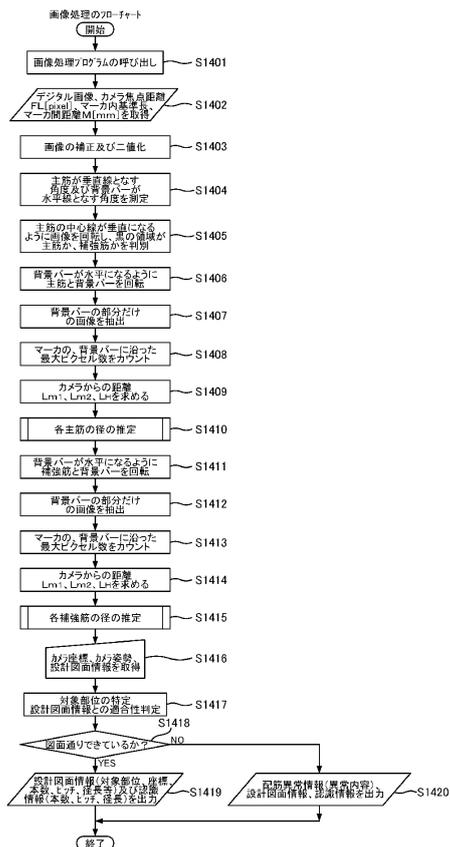
【図 8】



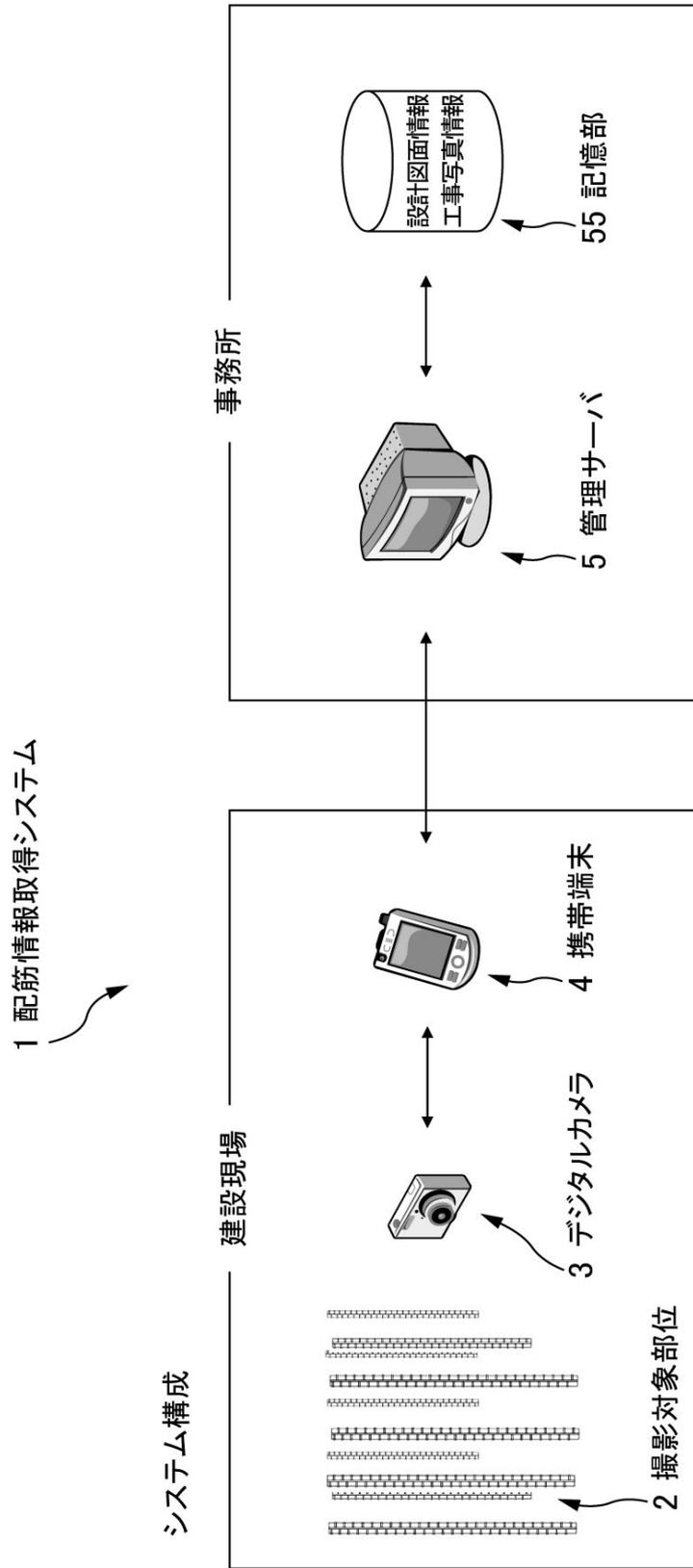
【図 9】



【図 14】

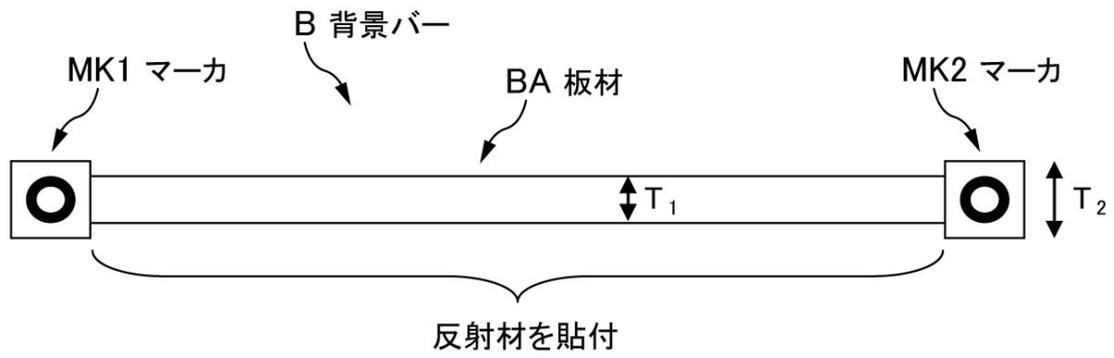


【 図 1 】

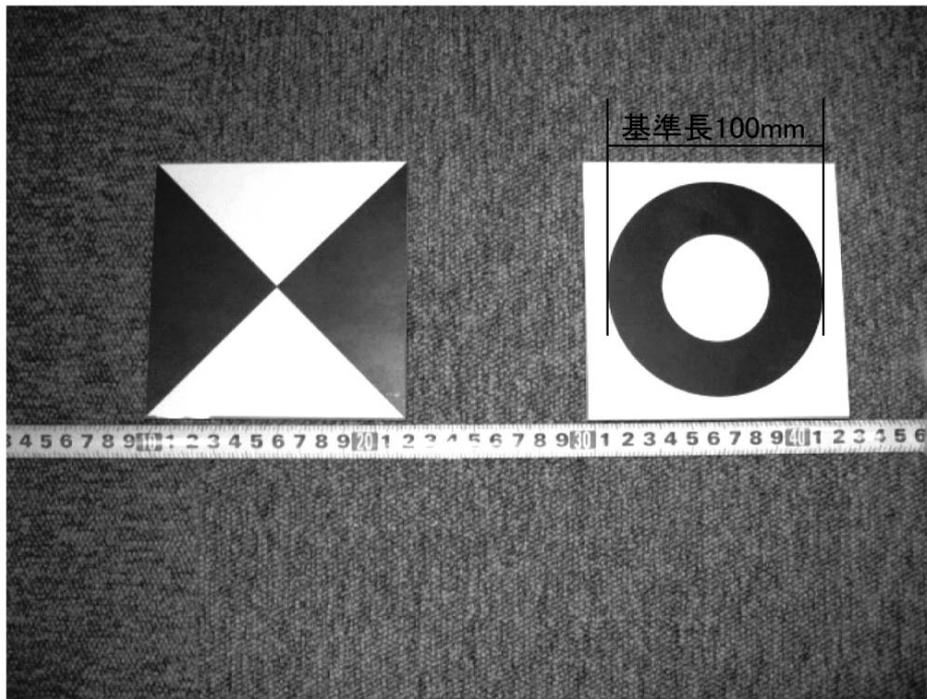


【図10】

(a)

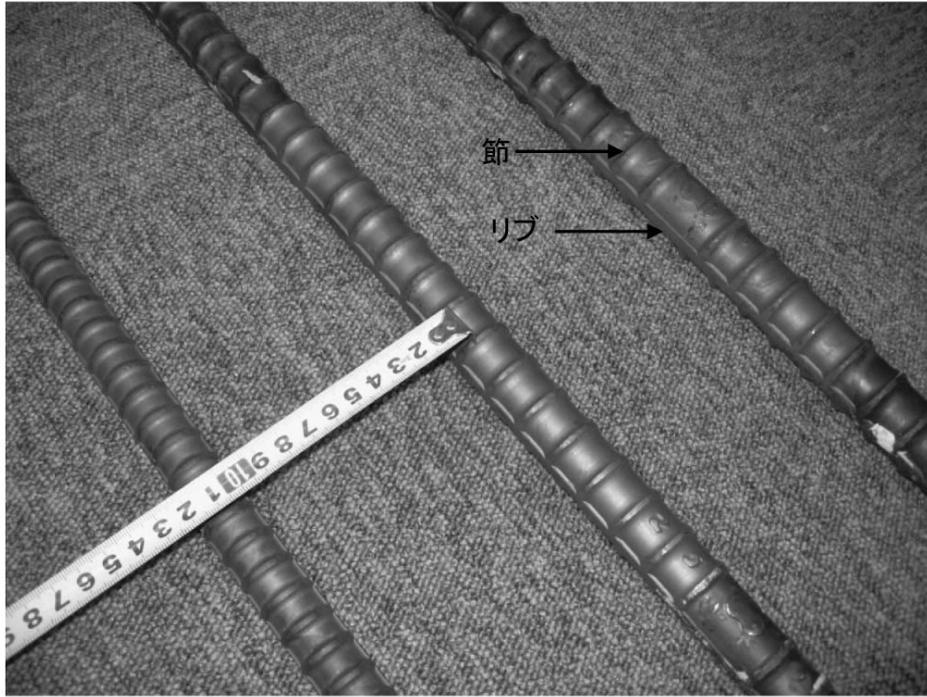


(b) 背景バーに付するマーカ(左:クロスマーカ、右:円形マーカ)

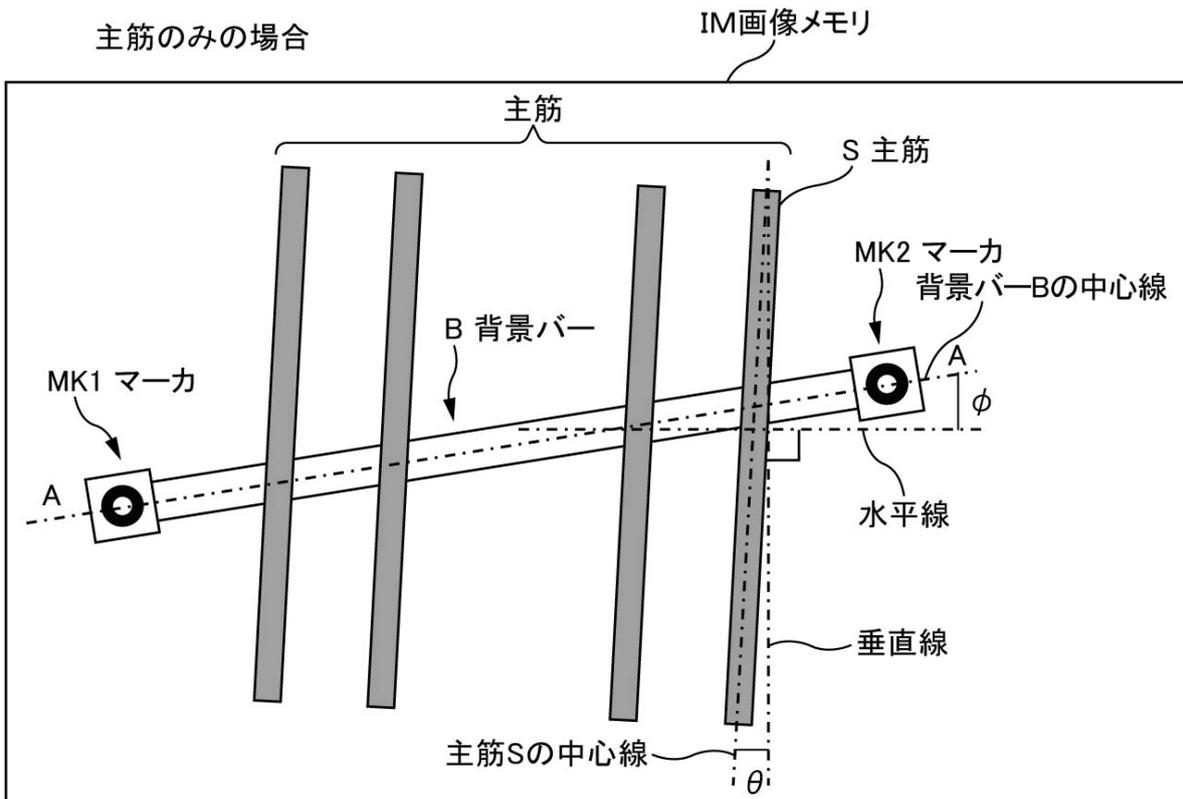


【図11】

異形鉄筋(D19,D25,D29)

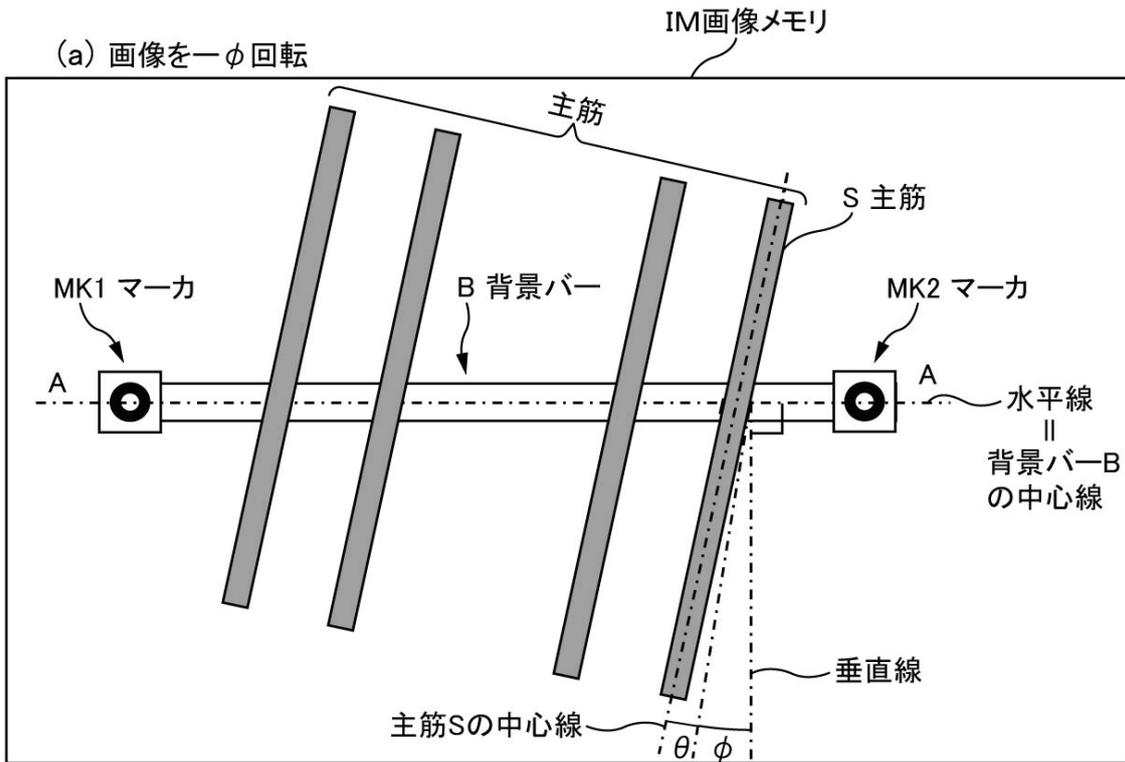


【図12】

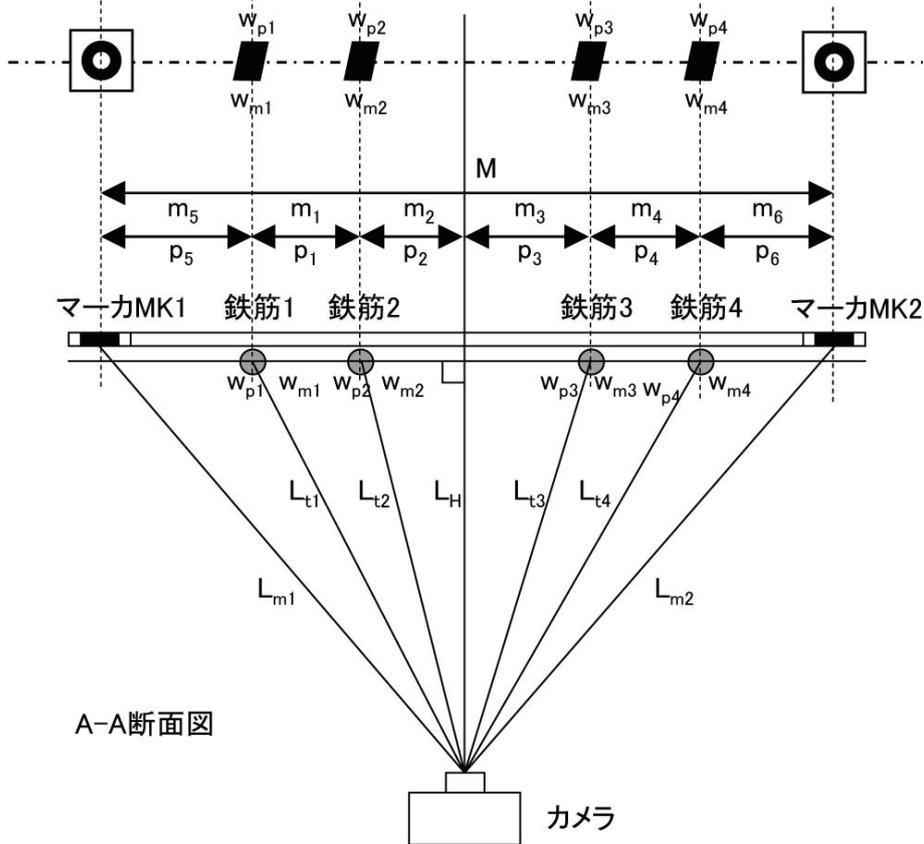


θ : 主筋が画像の垂直線となす角度
 ϕ : 背景バーが画像の水平線となす角度

【図13】



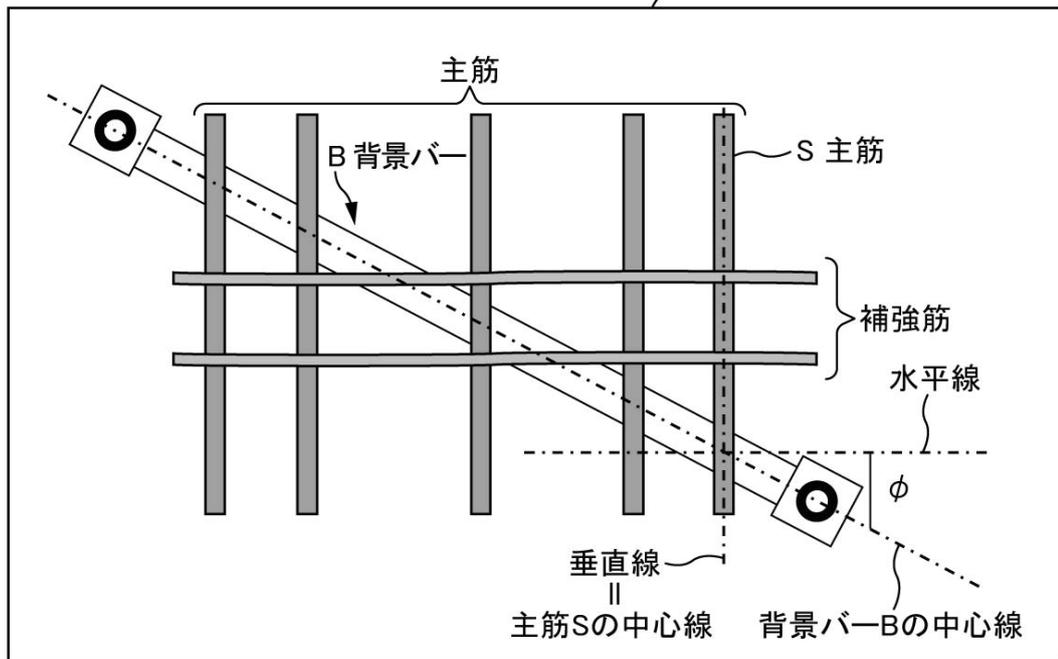
(b) 背景バーの部分だけを抽出



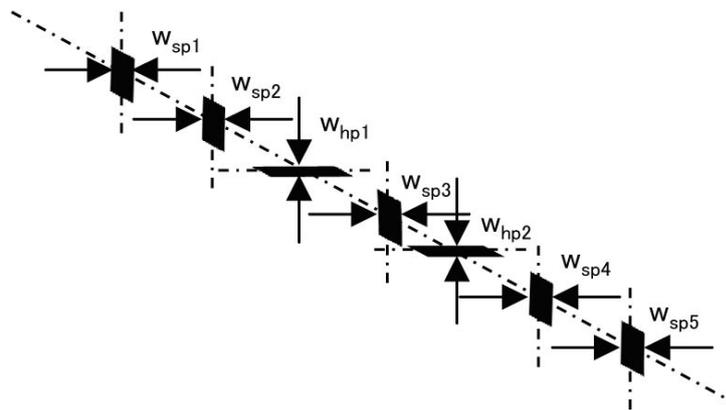
【図15】

(a) 主筋及び補強筋の混在(背景バーを斜めに挿入)
(主筋と画像の垂直線のなす角度 $\theta = 0$ とする)

IM画像メモリ

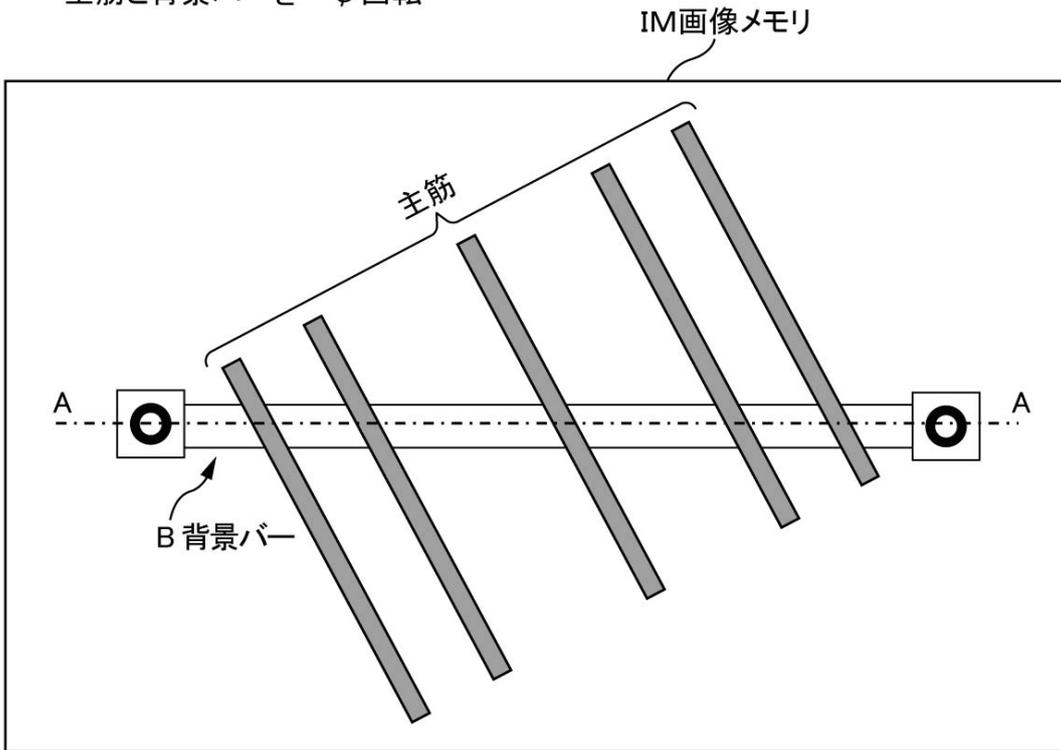


(b) 背景バーの部分だけを抽出



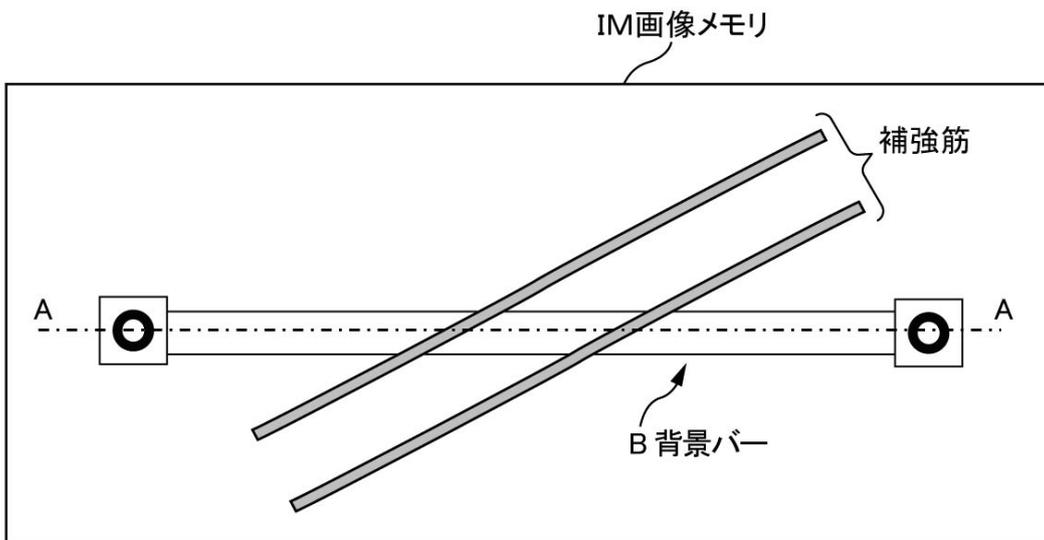
【図16】

主筋と背景バーを一φ回転



【図17】

補強筋と背景バーを一φ回転



フロントページの続き

- (72)発明者 鈴木 理史
東京都清瀬市下清戸4丁目640番地 株式会社大林組技術研究所内
- (72)発明者 高橋 裕信
茨城県つくば市吾妻2-5-1 つくば市産業振興センター205 株式会社アプライド・ビジョ
ン・システムズ内
- (72)発明者 水口 祐司
茨城県つくば市吾妻2-5-1 つくば市産業振興センター205 株式会社アプライド・ビジョ
ン・システムズ内

審査官 瓦井 秀憲

- (56)参考文献 特開2010-122008(JP,A)
特開平08-178603(JP,A)
登録実用新案第3105876(JP,U)
実開昭62-091682(JP,U)
登録実用新案第3156496(JP,U)
米国特許出願公開第2008/0209749(US,A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-----------|
| E04G | 21/12 |
| E04G | 21/18 |
| G09F | 7/00-7/22 |