

## 明 細 書

発明の名称： 結束装置

### 技術分野

[0001] 本実施形態は、結束装置に関する。

### 背景技術

[0002] 従来より、例えば、縦方向に延伸する鉄筋と、横方向に延伸する鉄筋とが交差する交差部をワイヤ等により結束する鉄筋結束作業を自動化する技術が検討されている。例えば、特許文献1には、鉄筋工事に使用できる自走型の作業用ロボットが開示されている。

[0003] また、特許文献2には、縦方向に延伸する複数の鉄筋（縦筋）と、縦筋を横切るように横方向に延伸する複数の鉄筋（横筋）との各交差部を結束機により結束して形成される平面状の鉄筋網を製作する鉄筋網の製造方法及び鉄筋網の製造装置が開示されている。特許文献2に記載の鉄筋網の製造装置においては、リールから結束機にワイヤを引き出す構成として、ワイヤ引き出し用のローラが設けられている。特許文献2に記載の鉄筋網の製造装置に設けられたワイヤ引き出し用のローラは、上方の退避位置から下方の引き出し位置に下降され、直ちに退避位置に戻すことにより、リールからワイヤの所定長さを繰り出す。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2019-039174号公報

特許文献2：日本国特開2013-035052号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献2に開示された技術により、結束機による結束動作においてワイヤが消費されると、ワイヤ引き出し用のローラを下降及び上昇させてリールから次の結束動作で使用されるワイヤを引き出して貯留し、次の結束動作

に備えることができるので、結束動作を円滑に遂行することができる。しかしながら、特許文献２に記載の鉄筋網の製造装置においては、ワイヤ引き出し用のローラを駆動する駆動源が別途必要となる。別途の駆動源を搭載すると、コストの増大及び／または重量の増大となり得る。また、駆動源を設けることにより、部品点数が増加する可能性もある。従って、結束装置のワイヤを引き出す構成には改善の余地があると考えられる。

[0006] 本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、簡易な構成によりワイヤを引き出すことが可能な結束装置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

[0007] 本開示の一態様は、ワイヤを鉄筋の周囲に送り、鉄筋の周囲に送ったワイヤを捩じり結束する結束機構と、結束機構を鉄筋の結束を行う結束位置と鉄筋から離れた退避位置との間で移動させる結束機構移動部と、リールに巻かれたワイヤを引き出すワイヤ引き出し部と、を備え、ワイヤ引き出し部は、結束機構移動部による結束機構の移動と連動して、結束機構の移動方向にワイヤを引き出し、結束機構移動部の動作で移動する結束機構の移動量に対し、ワイヤ引き出し部により引き出されるワイヤの量が多い結束装置を提供する。

### 発明の効果

[0008] 本開示により簡易な構成によりワイヤを引き出すことが可能な結束装置が提供される。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボット１００の斜め上方向から見た全体斜視図である。

[図2]図２は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボットの斜め下方向から見た全体斜視図である。

[図3]図３は、鉄筋結束ロボット１００を上方向（Ｚ方向における上方）から見た平面図である。

[図4]図４は、鉄筋結束ロボット１００を下方向（Ｚ方向における下方）から

見た平面図である。

[図5]図5は、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110を外した状態を斜め上方向から見た斜視図である。

[図6]図6は、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110を外した状態を斜め上方向から見た斜視図である。

[図7]図7は、鉄筋結束ロボット100の機能ブロック構成を説明する図である。

[図8]図8は、第1鉄筋R10に沿って走行中の鉄筋結束ロボット100をY方向から見た図である。

[図9]図9は、第1鉄筋R10に沿って走行中の鉄筋結束ロボット100をX方向から見た図である。

[図10]図10は、走行を停止し結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をY方向から見た図である。

[図11]図11は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をX方向から見た図である。

[図12]図12は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット100をZ方向下側から見た図である。

[図13A]図13Aは3D距離カメラにより撮影された第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所付近の画像を示す。

[図13B]図13Bは、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所付近の画像を模式的に示す。

[図14A]図14Aは、鉄筋結束ロボット100を水平方向(X方向)から見た模式的な側面図である。

[図14B]図14Bは、鉄筋結束ロボット100を上方向(Z方向上側)から見た模式的な上面図である。

[図15]図15は、第1センサ130aによる撮像画像を模式的に示す図である。

[図16]図16は、テンプレートマッチングを説明するための模式的な図であ

る。

[図17]図17は、交差箇所の推定方法を説明するための、鉄筋結束ロボット100を模式的に示す図である。

[図18]図18は、本開示の実施形態における交差箇所c12の推定方法のフローチャートである。

[図19]図19は、鉄筋結束ロボット100の横移動に関するフローチャートである。

[図20A]図20Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図20B]図20Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図21A]図21Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図21B]図21Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図22A]図22Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図22B]図22Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図23A]図23Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図23B]図23Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図24A]図24Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図である。

[図24B]図24Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図25A]図25Aは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を背面から見た図で

ある。

[図25B]図25Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を斜め上方向から見た図である。

[図26]図26は、本開示の他の実施形態に係る鉄筋結束ロボット200のZ方向下方から見た模式的な図である。

[図27A]図27Aは、本開示の実施形態に係る結束装置100を斜め上方向から見た図である。

[図27B]図27Bは、結束装置100を斜め前方から見た図である。

[図28A]図28Aは、本開示の実施形態に係る結束装置100を斜め上方向から見た図である。

[図28B]図28Bは、結束装置100を斜め前方から見た図である。

[図29A]図29Aは、ワイヤを引き出す構成を説明するための本開示の実施形態に係る結束装置100を斜め上方向から見た図。

[図29B]図29Bは、結束装置100を斜め前方から見た図である。

[図30A]図30Aは、本開示の実施形態に係る結束装置100の上面図である。

[図30B]図30Bは、結束装置100を斜め上から見た図である。

[図31A]図31Aは、リール180a及びリール180bと、第1ワイヤ引き出し部112と、第2ワイヤ引き出し部148等を取り出して-Y方向から見た図である。

[図31B]図31Bは、リール180a及びリール180bと、第1ワイヤ引き出し部112と、第2ワイヤ引き出し部148等を斜め上方向から見た図である。

[図32]図32は、本開示の実施形態に係る結束装置100の第2ワイヤ引き出し部148付近を拡大して示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、添付図面を参照しながら本実施形態について説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては可能な限り同

一の符号を付して、重複する説明は省略する。

[0011] 以下、本開示の実施形態に係る結束装置１００の構成について説明する。

なお、本実施形態においては、結束装置は、互いに交差して配置された複数の鉄筋を結束する鉄筋結束装置であり、例えば、鉄筋結束ロボットであってもよい。以下では、結束装置１００として、鉄筋結束ロボットである場合を例に説明し、結束装置１００は、鉄筋結束ロボット１００とも称される。なお、各図面には、Ｘ軸、Ｙ軸及びＺ軸を示すことがある。Ｘ軸、Ｙ軸及びＺ軸は、右手系の３次元の直交座標を形成する。以下、Ｘ軸の矢印方向をＸ軸前方、＋Ｘ方向、Ｘ方向の右側またはＸ軸右側、矢印とは逆方向をＸ軸後方、－Ｘ方向、Ｘ方向の左側またはＸ軸左側と呼ぶことがある。その他の軸についても同様である。なお、Ｚ軸前方及びＺ軸後方を、それぞれ「上側」乃至「上方」及び「下側」乃至「下方」と呼ぶこともある。また、Ｘ軸、Ｙ軸又はＺ軸にそれぞれ直交する面を、ＹＺ面、ＺＸ面又はＸＹ面と呼ぶことがある。ただしこれら方向等は相対的位置関係を説明するために便宜的に用いられているものである。従ってこれら方向等は絶対的位置関係を規定するものではない。

[0012] 図１は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボット１００の斜め上方向から見た全体斜視図である。図２は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボット１００の斜め下方向から見た全体斜視図である。図１及び図２に示すように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット１００は、鉄筋結束ユニット１１０と、走行ユニット１２１と、センサユニット１３０と、を備える。鉄筋結束ロボット１００は、さらに、本体ユニット１４０、支持バー１５０、制御ユニット１６０、リール１８０（第１リール１８０ａ及び第２リール１８０ｂ）、バッテリー１８２（第１バッテリー１８２ａ及び第２バッテリー１８２ｂ）、横移動ユニット１４６、及び記憶装置１９８（不図示）等、他の構成を備えていてもよい。

[0013] 図１及び図２には、Ｙ方向に延伸する複数の鉄筋Ｒ１０（本実施形態において「第１鉄筋」、または「縦鉄筋」ともいう。）を含む鉄筋群Ｒも併せて

示す。図1及び図2に示すように、鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10に沿って走行するように鉄筋群R上に配置されている。鉄筋群Rは、複数の鉄筋R10に加え、X方向に延伸する複数の鉄筋（本実施形態において「第2鉄筋R20」、または「横鉄筋」ともいう。）を含んでもよい。

[0014] 本開示の実施形態においては、第1鉄筋R10は、その延伸する方向である第1の方向がY方向と平行となるように配置される。また、第2鉄筋R20は、その延伸する方向である第2の方向がX方向と平行となるように配置される。従って、本開示の例示の実施形態においては、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、互いに直交するように配置されている。また、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が形成する平面（本実施形態において「鉄筋面」ともいう。）がXY面と平行となるように配置されている。従って、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が形成する平面は、本実施形態においては水平面である。なお、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の配置についてはこれに限られない。例えば、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、互いに非直交となるように配置されてもよい。例えば、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、第1鉄筋R10と第2鉄筋R20とがなす角度が、例えば30°、45°、60°、または他の角度となるように配置されてもよい。また、本開示の実施形態においては、第1鉄筋R10と第2鉄筋R20とは、互いに直交するように配置されているが、例えば交差する箇所によっては必ずしも直交の関係となっていなくてもよく、例えば85°以上90°未満の角度をなすように配置されていてもよい。

[0015] また、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、有限の長さを有しており、複数の第1鉄筋R10または複数の第2鉄筋R20は、それぞれ、第1の方向または第2の方向に継ぎ目を介して接続されていてもよい。さらに、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、後述するように端部を有していてもよく、例えば第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20は、それぞれ第1の方向及び第2の方向における一端及び他端に後述する端部R10e及びR20eを有し

ていてもよい。

[0016] 鉄筋結束ユニット 110 は、第 1 鉄筋 R10 と第 2 鉄筋 R20 との交差箇所 c12（図 6）を結束するように構成されている。鉄筋結束ユニット 110 による第 1 鉄筋 R10 及び第 2 鉄筋 R20 の交差箇所 c12 の結束動作については後に詳述する。

[0017] 図 1 及び図 2 に示すように、走行ユニット 121 は、4 つの走行ユニット 121a、121b、121c、及び 121d を有していてもよい（本実施形態において、それぞれ、「第 1 走行ユニット」、「第 2 走行ユニット」、「第 3 走行ユニット」、及び「第 4 走行ユニット」、ともいう。）。本開示の実施形態においては、走行ユニット 121 は、鉄筋結束ロボット 100 が Y 方向に進行するように鉄筋群 R 上に配置されている。第 1 走行ユニット 121a、第 2 走行ユニット 121b、第 3 走行ユニット 121c、及び第 4 走行ユニット 121d は、それぞれ、第 1 ローラ部 122a、第 2 ローラ部 122b、第 3 ローラ部 122c、及び第 4 ローラ部 122d を有し、第 1 ローラ部 122a、第 2 ローラ部 122b、第 3 ローラ部 122c、及び第 4 ローラ部 122d が第 1 鉄筋 R10 の延伸方向である Y 方向（第 1 の方向）に沿って、複数の第 1 鉄筋 R10 のいずれかの第 1 鉄筋 R10 上を走行するように構成されている。

[0018] なお、本実施形態においては、走行ユニット 121 は、移動ユニット（後述の移動ユニット 120）の一例である。移動ユニット 120 は、走行ユニット 121 に替えて、または走行ユニット 121 に加えて、走行ユニット 121 以外の移動ユニットの構成を有していてもよい。

[0019] 本開示の実施形態においては、第 1 走行ユニット 121a、第 2 走行ユニット 121b、第 3 走行ユニット 121c、及び第 4 走行ユニット 121d は、Y 方向に進行するように構成される場合を例に説明するが、第 1 走行ユニット 121a、第 2 走行ユニット 121b、第 3 走行ユニット 121c、及び第 4 走行ユニット 121d は、Y 方向以外の方向に進行するように構成されていてもよい。

[0020] 例えば、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、Y方向から数度～数十度の角度傾く方向に進行してもよい。例えば、Y方向から数度～数十度の角度で+X方向または-X方向に傾く方向に進行してもよい。例えば、走行する第1鉄筋R10上に異物が存在する等により鉄筋結束ロボット100の向きがY方向から傾いた場合、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dが進行する方向はY方向から少なくとも一時的に+X方向または-X方向に傾く。その場合でも、例えば、鉄筋結束ロボット100の向きの傾きをY方向に戻す方向（-X方向または+X方向に）に第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dが進行する等により、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R10上をほぼ追従するように進行させてもよい。これにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110による第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の結束動作を継続して実行することが可能である。

[0021] また、例えば第1鉄筋R10が曲線を描くように配置された建設現場においても、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、曲線状の第1鉄筋R10に追従するように、曲線を描くように進行するように構成されていてもよく、この場合、第1鉄筋R10の延伸方向である第1の方向は、曲線を構成する点ごとに異なってもよい。

[0022] 図1及び図2並びに後述する図3に示すように、センサユニット130は、センサ130a、センサ130b、センサ130c、及びセンサ130d（本実施形態において、それぞれ、「第1センサ」、「第2センサ」、「第3センサ」、及び「第4センサ」、ともいう。）を有する。第1センサ130a及び第2センサ130bは、互いに、図1及び図2においてY方向（本実施形態において第1センサ130a及び第2センサ130bを結ぶ直線の延伸する方向を「第3の方向」ともいう）に沿って離間して配置されている

。また、第4センサ130dは鉄筋結束ロボット100の第3センサ130cが設けられる側面の反対側の側面（図1及び図2において紙面奥側の側面）に配置されており、第3センサ130c及び第4センサ130dは、互いに図1及び図2においてY方向に交差する方向（図1及び図2に示す例においてはX方向、本実施形態において第3センサ130c及び第4センサ130dを結ぶ直線の延伸する方向を「第4の方向」ともいう。）に沿って離間するように配置されている。

[0023] 第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20を検出可能に構成されている。例えば、第1センサ130a及び第2センサ130bは第1鉄筋R10を検出可能に構成され、第3センサ130c及び第4センサ130dは第2鉄筋R20を検出可能に構成されていてもよい。あるいは、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、いずれも、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20を検出可能に構成されていてもよい。

[0024] 図3は、鉄筋結束ロボット100を上方向（Z方向における上方）から見た平面図を示す。また、図4は、鉄筋結束ロボット100を下方向（Z方向における下方）から見た平面図を示す。

[0025] 図3及び図4からわかるように、第1走行ユニット121a及び第2走行ユニット121bは、第1センサ130aに対して第4の方向（X方向）の一方及び他方（図3において、それぞれX方向の左側及び右側）に配置されていてもよい。また、第3走行ユニット121c及び第4走行ユニット121dは、第2センサ130bに対して第4の方向（X方向）の一方及び他方に配置されていてもよい。言い換えると、第1センサ130aは、第4の方向において第1走行ユニット121a及び第2走行ユニット121bの間に配置されてもよい。同様に、第2センサ130bは、第4の方向において第3走行ユニット121c及び第4走行ユニット121dの間に配置されてもよい。

- [0026] さらに、図3及び図4に示すように、第3センサ130cは、第3の方向（図3及び図4においてY方向）において第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cの間に配置されてもよく、同様に、第4センサ130dは、第3の方向（Y方向）において第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dの間に配置されてもよい。
- [0027] また、例えば図4に示すように、第1センサ130aは、下面視において、第1走行ユニット121aを構成する第1ローラ部122aの回転軸128aと、第2走行ユニット121bを構成する第2ローラ部122bの回転軸128bとを通過する直線上、または回転軸128aと回転軸128bとを通過する直線よりも後方（図4において-Y方向）に配置されてもよい。同様に、第2センサ130bは、下面視において、第3走行ユニット121cを構成する第3ローラ部122cの回転軸128cと、第4走行ユニット121dを構成する第4ローラ部122dの回転軸128dとを通過する直線上、または回転軸128cと回転軸128dとを通過する直線よりも前方（図4において+Y方向）に配置されてもよい。なお、センサユニット130の具体例は後述する。
- [0028] また、図3や図4等に示されるように、第1センサ130aは、本体ユニット140のY軸方向の前方（+Y方向）に配置される。同様に、第2センサ130bは、本体ユニット140のY軸方向の後方（-Y方向）に配置される。第3センサ130c及び第4センサ130dは、それぞれ、本体ユニット140の図3において上面視でX方向の左側及び右側に配置される。すなわち、例えば図4等からわかるように、本実施形態においては、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、鉄筋結束ロボット100についての平面視において、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dのほぼ中心付近を接続して仮想的に形成される長方形の外縁上またはその外縁の内側となるように配置される。なお、第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dにより仮想的に形成さ

れる長方形は、例えば各走行ユニット間のX方向及びY方向の間隔が略等しい場合等には、正方形となることがあってもよく、この場合には、第1センサ130a～第4センサ130dは、仮想的な正方形の外縁上またはその内側となるように配置されていてもよい。また、第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dの配置構成によっては、第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dにより、仮想的に、長方形及び正方形以外の四角形が形成されてもよく、その場合においても、第1センサ130a～第4センサ130dは、仮想的な四角形の外縁上またはその内側となるように配置されていてもよい。

[0029] 第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、上述の第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dのほぼ中心付近を接続して仮想的に形成される長方形の外縁上またはその外縁の内側となるように配置される場合を例に説明したが、これに限られない。例えば、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの配置構成、及び／または本体ユニット140の形状等に応じて、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、異なる配置構成であってもよい。例えば、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dは、鉄筋結束ロボット100についての平面視において、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dのほぼ中心付近を接続して仮想的に形成される長方形の外縁上またはその外縁の外側となるように配置されてもよい。

[0030] 図1及び図3に示すように、本体ユニット140は、本体上面142を備えていてもよい。本体上面142は、中央部付近に、例えば円形の穴部144が形成されていてもよく、鉄筋結束ユニット110が、穴部144を貫通するように配置されていてもよい。

[0031] 本実施形態において、鉄筋結束ロボット100は、例えば2本の支持バー150（それぞれ、第1支持バー150a及び第2支持バー150b）を備えてもよい。第1支持バー150a及び第2支持バー150bは、一方向に延伸するバーであり、例えば第4の方向（図1～図4においてX方向）に平行に設けられている。従って、本開示の実施形態においては、第1支持バー150a及び第2支持バー150bは、例えば水平方向に平行となるように設けられている。また、図1～図4に示すように、第1支持バー150a及び第2支持バー150bは、互いにY方向（第3の方向）に離間するように設けられていてもよい。第1支持バー150a及び第2支持バー150bは、例えば、鉄筋結束ロボット100が横方向（図1～図4においてX方向、鉄筋結束ロボット100において第4の方向）に移動する際に、鉄筋結束ロボット100の本体ユニット140等を支持するように構成されていてもよい。

[0032] 図5は、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110を外した状態を右斜め後ろ方向から見た斜視図である。また、図6は、鉄筋結束ロボット100の鉄筋結束ユニット110を外した状態を右斜め前方向から見た斜視図である。図5及び図6に示されるように、鉄筋結束ユニット110は、穴部144に貫通した状態で上下方向（図5においてZ方向）に移動可能に設けられていてもよい。これにより、例えば、鉄筋結束ユニット110を下降させ、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12に到達した際に、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を結束するように構成される。図5及び図6に示すように、結束装置100は、リール180a及び180bを有する。リール180a及びリール180bには、鉄筋の結束に用いられるワイヤが収容されており、鉄筋結束ユニット110が第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を結束する際にリール180a及び／またはリール180bに収容されるワイヤが引き出され、交差箇所c12の結束が行われるように構成されている。また、詳細な説明は省略するが、鉄筋結束ユニット110は、鉄筋結束ユニ

ット１１０の一端（図５においてＺ方向の下側の端部）には、ワイヤガイド等を有し、鉄筋結束作業を実行するように構成されるワイヤ振り部１１４（図５）が設けられている。ワイヤ振り部１１４の鉄筋結束作業は、例えば公知の鉄筋結束機と同様の機能により実現されてもよい。

[0033] 図７は、鉄筋結束ロボット１００の機能ブロック構成を説明する図である。図７に示すように、鉄筋結束ロボット１００は、上述した鉄筋結束ユニット１１０、走行ユニット１２１、及びセンサユニット１３０等の構成のほか、制御ユニット１６０と、横移動ユニット１４６と、記憶装置１９８と、を備えていてもよい。

[0034] 制御ユニット１６０は、鉄筋結束ロボット１００により実行される移動や結束作業を制御するように構成される。制御ユニット１６０は、センサ検出結果取得部１６２と、判定部１６４と、交差箇所算出部１６６（本実施形態において、「交差箇所推定部」や「交差箇所推定ユニット」ともいう。）と、鉄筋結束ユニット制御部１６８と、鉄筋追従制御部１７０と、停止制御部１７２と、移動量算出部１７４と、姿勢制御部１７６と、モータ制御部１７８と、異物迂回制御部１７９とを備えていてもよい。

[0035] なお、本実施形態の鉄筋結束ロボット１００においては、図１に示されるように、制御ユニット１６０は、Ｙ方向において、鉄筋結束ユニット１１０に対してリール１８０ａ及びリール１８０ｂと反対側に配置されている。より具体的には、図１に示されるようにリール１８０ａ及びリール１８０ｂは鉄筋結束ユニット１１０の－Ｙ方向に配置されているのに対し、制御ユニット１６０は鉄筋結束ユニット１１０の＋Ｙ方向に配置されている。特にワイヤーリール（リール１８０ａ及び／またはリール１８０ｂ）の交換直後においては、ワイヤが巻かれたリールは比較的重くなるが、鉄筋結束ユニット１１０の反対側に制御ユニット１６０を配置することにより、重さのバランスをとることが可能となる。

[0036] 横移動ユニット１４６（図７）は、鉄筋結束ロボット１００の本体ユニット１４０の移動を制御するように構成される。本開示の実施形態に係る鉄筋

結束ロボット100においては、横移動ユニット146により鉄筋結束ロボット100が水平方向に移動されてもよい。横移動ユニット146は、第1横移動モータ146ma及び第2横移動モータ146mbを備えていてもよく、例えば、後述する鉄筋結束ロボット100の横移動にあたり、2つのモータ146ma及び146mbにより、本体ユニット140を水平移動させてもよい。

[0037] より具体的には、図6に示されるように、横移動ユニット146は、第1横移動ローラ146laと、第1駆動ラック146caとを有する。第1横移動ローラ146laは、第1走行ユニット121a及び第2走行ユニット121bを本体ユニット140に連結する第1連結部147aに設けられている。第1駆動ラック146caは、本体ユニット140の裏面（-Z方向の表面）にX方向に沿って設けられている。

[0038] 同様に、図2に示されるように、横移動ユニット146は、第2横移動ローラ146lbと、第2駆動ラック146cbとを有する。第2横移動ローラ146lbは、第3走行ユニット121c及び第4走行ユニット121dを本体ユニット140に連結する第2連結部147bに設けられている。第2駆動ラック146cbは、本体ユニット140の裏面（-Z方向の表面）にX方向に沿って設けられている。

[0039] 第2横移動ローラ146lbは、例えば駆動歯車を構成する。第2駆動ラック146cbは、例えば、第2横移動ローラ146lbの外周に設けられた外歯に噛み合う複数の歯がX方向に直線状に並列されている。第2横移動ローラ146lbは、第2横移動モータ146mbにより駆動される。第2横移動ローラ146lbが第2横移動モータ146mbにより回転されると、第2横移動ローラ146lbが第2駆動ラック146cbの長手方向に沿うように第2駆動ラック146cbに対して相対的に移動する。こうして、本体ユニット140は、第3走行ユニット121c及び第4走行ユニット121dに対して、相対的にX方向に移動することができる。

[0040] 第1横移動ローラ146la（図6）も同様に、例えば駆動歯車を構成し

、第1駆動ラック146caは、第1横移動ローラ146laの外周に設けられた外歯に噛み合う複数の歯がX方向に直線状に並列されている。第1横移動ローラ146laは、第1横移動モータ146maにより駆動される。第1横移動ローラ146laが第1横移動モータ146maにより回転されると、第1横移動ローラ146laが第1駆動ラック146caの長手方向に沿うように第1駆動ラック146caに対して相対的に移動することにより、本体ユニット140が、第3走行ユニット121c及び第4走行ユニット121dに対して、相対的にX方向に移動することができる。

[0041] このように、第1横移動ローラ146la及び第2横移動ローラ146lbを、それぞれ、第1横移動モータ146a及び第2横移動モータ146bにより駆動することにより、本体ユニット140を走行ユニット121に対する横移動（X方向の移動）を行う構成としてもよい。

[0042] 記憶装置198は、例えば、制御ユニット160において実行される1つまたは複数のコンピュータ・プログラムや、鉄筋結束ロボット100の制御に用いられるデータ等を非一時的（non-transitory）に格納する記憶媒体（例えば半導体記憶素子）その他のメディアを備えてもよい。記憶装置198は、例えばテンプレートデータベース198tを備えていてもよい。テンプレートデータベース198tは、例えば、後述するように、センサユニット130による検出結果に基づき、テンプレートマッチングを用いて第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の検出や、第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eの検出を行う際に用いられるテンプレートの画像やテンプレートの画像に周波数分析等の画像処理を施して得られたデータ等を格納してもよい。また、制御ユニット160が、さらにテンプレートデータ作成部を有していてもよく、例えば、鉄筋結束作業を行う対象となる現場に応じてセンサユニット130を用いて撮像された画像を基にテンプレートデータを作成し、テンプレートデータベース198tに格納するように構成されていてもよい。テンプレートデータベース198tに格納されるテンプレートデータは、例えば、新たなテンプレートデータが

作成されるタイミングで蓄積されてもよいし、各建設現場での結束作業の終了のタイミングで消去されてもよい。あるいは、作成されたテンプレートデータは、記憶装置198のテンプレートデータベース198tに一定期間保持された後、例えば定期的に削除されるように構成されていてもよい。

[0043] センサ検出結果取得部162は、センサユニット130による検出結果を取得する。例えば、センサユニット130の第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果は、後述する判定部164の第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2による第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の判定に用いられてもよい。また、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果は、判定部164の第1鉄筋端部判定部164b1及び／または第2鉄筋端部判定部164b2による第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eの位置の判定に用いられてもよい。

[0044] 判定部164は、第1鉄筋判定部164a1と、第2鉄筋判定部164a2と、第1鉄筋端部判定部164b1と、第2鉄筋端部判定部164b2と、姿勢判定部164cと、障害物判定部164dと、ロボット高さ算出部164eと、を備えていてもよい。第1鉄筋判定部164a1及び第2鉄筋判定部164a2は、例えば、センサ検出結果取得部162により取得された第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果を用いて、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を判定する。後述するように、第1鉄筋判定部164a1及び第2鉄筋判定部164a2は、第1センサ130a～第4センサ130dの検出結果である撮像画像に基づき、テンプレートマッチングを行うことにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を判定してもよい。

[0045] 第1鉄筋端部判定部164b1及び第2鉄筋端部判定部164b2は、例えば、センサ検出結果取得部162により取得された第1センサ130a、

第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果を用いて、第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eを判定する。第1鉄筋端部判定部164b1及び第2鉄筋端部判定部164b2も、第1鉄筋判定部164a1及び第2鉄筋判定部164a2と同様に、テンプレートマッチングに基づき第1鉄筋R10の端部R10e及び／または第2鉄筋R20の端部R20eの位置を判定してもよい。

[0046] ロボット高さ算出部164eは、例えば、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さを算出してもよい。例えば、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20が撮像される場合（例えば、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20を含む範囲が撮像される場合）に、ロボット高さ算出部164eは、撮像された第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の撮像画像内における第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の相対的な大きさに基づき、鉄筋結束ロボット100の、鉄筋群Rからの距離を算出することにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さを算出してもよい。

[0047] 鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さは、例えば、走行ユニット121の角度に基づいて算出されてもよい。走行ユニット121aは、図6に示されるように、本体部140に接続される第1本体側リンク部125aと、第1ローラ部122aに接続される第1ローラ側リンク部123aとを有しており、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとがリンク機構を構成してもよい。このとき、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが為す角度であるリンク角度をセンサユニット130の第1リンク角度検出センサ134a（図7）により検出し、リンク角度に基づき、第1走行ユニット121aの高さが算出されてもよい。

- [0048] 同様に図2に示されるように、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dは、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第3ローラ側リンク部123c、及び第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d、を有し、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第3ローラ側リンク部123c、及び第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123dが為すリンク角度を、それぞれ、第2リンク角度検出センサ134b、第3リンク角度検出センサ134c、及び第4リンク角度検出センサ134dにより検出することにより、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さが算出されてもよい。
- [0049] ロボット高さ算出部164eは、こうして算出された第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さ（鉄筋群Rからの高さ）に基づき、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さを算出してもよい。例えば、算出された第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さの一部または全部の平均値により鉄筋結束ロボット100の高さを算出してもよい。また、例えば鉄筋結束ロボット100が、鉄筋群Rが構成する仮想的な平面と平行、あるいはほぼ平行に位置する場合には、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dの高さのうちのいずれか一つにより鉄筋結束ロボット100の高さとしてもよい。
- [0050] センサユニット130は、図7に示すように、上述の第1センサ130a～第4センサ130dに加えて、傾斜度検出センサ132を備えていてもよい。傾斜度検出センサ132としては、例えば公知の傾斜センサや水平センサ等、鉄筋結束ロボット100の傾斜角度を検出可能なセンサが用いられてもよい。センサ検出結果取得部162は、傾斜度検出センサ132の検出結

果も取得してもよい。傾斜度検出センサ 132 の検出結果に基づき、例えば、判定部 164 の姿勢判定部 164c により鉄筋結束ロボット 100 の姿勢を判定し、姿勢判定部 164c の判定結果に基づき、姿勢制御部 176 により、走行ユニット 121 の高さ変更モータ 126（第 1 走行ユニット 121a の第 1 高さ変更モータ 126a、第 2 走行ユニット 121b の第 2 高さ変更モータ 126b、第 3 走行ユニット 121c の第 3 高さ変更モータ 126c、及び／または第 4 走行ユニット 121d の高さ変更モータ 126d）を駆動し、鉄筋結束ロボット 100 の姿勢を調整してもよい。

[0051] 鉄筋結束ロボット 100 は、例えば、本体ユニット 140 が、第 1 鉄筋 R10 及び／または第 2 鉄筋 R20 により形成される面（本実施形態において、「鉄筋面」ともいう。）に平行となるように傾斜度検出センサ 132 の検出結果に基づき、高さ変更モータ 126 を駆動してもよい。例えば、鉄筋面が水平方向に延びるように第 1 鉄筋 R10 及び第 2 鉄筋 R20 が配置されている場合に、鉄筋結束ロボット 100 が X 方向に傾いている場合には、第 1 走行ユニット 121a～第 4 走行ユニット 121d のうち、第 1 走行ユニット 121a 及び第 3 走行ユニット 121c、または第 2 走行ユニット 121b 及び第 4 走行ユニット 121d の高さを変更し、鉄筋結束ロボット 100 の姿勢を調整してもよい。

[0052] 交差箇所算出部 166 は、第 1 鉄筋 R10 及び第 2 鉄筋 R20 の交差箇所 c12 を算出することにより推定する。交差箇所算出部 166 は、例えば、後述するように、第 1 鉄筋判定部 164a1 及び第 2 鉄筋判定部 164a2 により判定された第 1 鉄筋 R10 の位置及び第 2 鉄筋 R20 の位置に基づき、交差箇所 c12 の位置を算出してもよい。算出された交差箇所 c12 の位置に基づき、鉄筋結束ロボット 100 は、鉄筋結束ユニット 110 による結束作業を行ってもよい。推定された交差箇所 c12 の位置に基づき、モータ制御部 178 は、第 1 走行ユニット 121a、第 2 走行ユニット 121b、第 3 走行ユニット 121c、及び／または第 4 走行ユニット 121d により鉄筋結束ロボット 100 の位置を鉄筋結束ユニット 110 が交差箇所 c12

上となるように調整してもよい。

[0053] 鉄筋結束ユニット制御部168は、鉄筋結束ユニット移動部168mを制御することにより、鉄筋結束ユニット110の移動を制御する。鉄筋結束ユニット110は、第1鉄筋R10と第2鉄筋R20とが交差する交差箇所c12を結束する結束動作を実行する結束位置と、結束動作が完了した後、次の結束動作を実行する交差箇所c12に移動する間に退避する退避位置と、を採り得る。鉄筋結束ユニット110は、退避位置から結束位置に向かう場合、-Z方向に移動し、結束位置から退避位置に向かう場合に+Z方向に移動する。このような鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動は、例えばモータ等により構成される鉄筋結束ユニット移動部168mにより実現される。また、鉄筋結束ユニット移動部168mによる鉄筋結束ユニット110のZ方向の昇降動作は、鉄筋結束ユニット制御部168により制御される。

[0054] 鉄筋結束ユニット制御部168は、また、鉄筋結束ユニット110が結束位置に移動した後、鉄筋結束ユニット110による交差箇所c12の結束動作を制御する。例えば、後述するワイヤ引き出し部によりリール180から引き出されたワイヤを用いて実行される鉄筋結束ユニット110による結束作業は、鉄筋結束ユニット制御部168により制御される。例えば、鉄筋結束ユニット110が交差箇所c12の上方に位置するように、第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び／または第4走行ユニット121dにより鉄筋結束ロボット100を移動した後、鉄筋結束ユニット制御部168は、鉄筋結束ユニット移動部168mを制御し、鉄筋結束ユニット110を交差箇所c12に近付くように結束位置まで下降させ、交差箇所c12の結束を行ってもよい。

[0055] 鉄筋追従制御部170は、例えば、第1鉄筋判定部164a1により判定された第1鉄筋R10の位置等の情報に基づき、鉄筋結束ロボット100が走行中の第1鉄筋R10を追従するように走行ユニット121を、モータ制御部178により制御してもよい。例えば、図5に示されるように、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14を走行する場合、鉄

筋結束ロボット１００が第１鉄筋Ｒ１２及び第１鉄筋Ｒ１４から離脱しないように、走行ユニット１２１の駆動モータ（第１ローラ部１２２ａを駆動する第１車輪駆動モータ１２４ａ、第２ローラ部１２２ｂを駆動する第２車輪駆動モータ１２４ｂ、第３ローラ部１２２ｃを駆動する第３車輪駆動モータ１２４ｃ、及び／または第４ローラ部１２２ｄを駆動する第４車輪駆動モータ１２４ｄ）を駆動させてもよい。

[0056] 例えば、第１車輪駆動モータ１２４ａ、第２車輪駆動モータ１２４ｂ、第３車輪駆動モータ１２４ｃ、及び第４車輪駆動モータ１２４ｄのうち、Ｘ方向において同じ位置、またはほぼ同じ位置に配置される第１走行ユニット１２１ａ及び第３走行ユニット１２１ｃの駆動モータである第１車輪駆動モータ１２４ａ及び第３車輪駆動モータ１２４ｃを、Ｘ方向の他方に配置される第２走行ユニット１２１ｂ及び第４走行ユニット１２１ｄの駆動モータである第２車輪駆動モータ１２４ｂ及び第４車輪駆動モータ１２４ｄに対し加速または減速することにより、鉄筋結束ロボット１００の位置を調整し、鉄筋結束ロボット１００を第１鉄筋Ｒ１０に追従するように走行させてもよい。

[0057] あるいは、鉄筋追従制御部１７０は、例えば、第１車輪駆動モータ１２４ａ、第２車輪駆動モータ１２４ｂ、第３車輪駆動モータ１２４ｃ、及び／または第４車輪駆動モータ１２４ｄの回転数を調整することにより、鉄筋結束ロボット１００を第１鉄筋Ｒ１０に追従するように走行させてもよい。例えば、第１車輪駆動モータ１２４ａ、第２車輪駆動モータ１２４ｂ、第３車輪駆動モータ１２４ｃ、及び第４車輪駆動モータ１２４ｄのうちの一つまたは複数の回転数を、その他の車輪駆動モータの回転数と異なる回転数に設定することにより、あるいは、第１車輪駆動モータ１２４ａ、第２車輪駆動モータ１２４ｂ、第３車輪駆動モータ１２４ｃ、及び第４車輪駆動モータ１２４ｄ全ての回転数を互いに異なる回転数に設定することにより、鉄筋結束ロボット１００を第１鉄筋Ｒ１０に柔軟に追従させることが可能となる。

[0058] 停止制御部１７２は、鉄筋結束ロボット１００の停止動作を制御するように構成される。例えば、後述するように、第１鉄筋Ｒ１２及び第１鉄筋Ｒ１

4を走行してきた鉄筋結束ロボット100が、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、第1鉄筋端部判定部164b1及び／または第2鉄筋端部判定部164b2により第1鉄筋R13の端部R13e付近にある、または端部R13eに接近しつつあると判定された場合に、停止制御部172は、モータ制御部178により、第1車輪駆動モータ124a～第4車輪駆動モータ124dを駆動及び停止させるように制御し、鉄筋結束ロボット100を停止させてもよい。なお、第1鉄筋R13の端部R13eに限らず、端部R13eに替えて、あるいは端部R13eに加えて、第1鉄筋R12の端部R12e及び／または第1鉄筋R14の端部R14e付近に鉄筋結束ロボット100がある、あるいは鉄筋結束ロボット100が、端部R12e及び／または端部R14eに近づきつつあると判定された場合に、鉄筋結束ロボット100を停止させてもよい。

[0059] また、停止制御部172は、例えば、上述の交差箇所算出部166により、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を算出した場合に、交差箇所c12を鉄筋結束ユニット110により結束するため、鉄筋結束ロボット100を停止させてもよい。

[0060] 移動量算出部174は、後述するように、例えば、鉄筋結束ロボット100が横移動（X方向への移動）をする場合の移動量を算出するように構成されていてもよい。例えば、上記のように、鉄筋結束ロボット100について、第1鉄筋端部判定部164b1及び／または第2鉄筋端部判定部164b2により第1鉄筋R12の端部R12e及び第1鉄筋R14の端部R14e付近にある、または接近しつつあると判定された場合に、鉄筋結束ロボット100は第1鉄筋R12と第1鉄筋R14との間に配置されている第1鉄筋R13上の交差箇所c12の鉄筋結束作業を完了し、別の第1鉄筋R10に移動し、交差箇所c12の鉄筋結束作業を開始する。

[0061] 例えば、鉄筋結束ロボット100が、第1鉄筋R13上の交差箇所c12の鉄筋結束作業を完了し、次に第1鉄筋R14上の交差箇所c12の鉄筋結

束作業を行う場合、鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10のX方向の間隔について、1つの間隔分、X方向に移動する。このとき、移動量算出部174は、第1鉄筋判定部164a1により判定された第1鉄筋R10の位置の情報に基づき、隣り合う第1鉄筋R10同士のX方向の間隔に基づき移動量を算出してもよい。鉄筋結束ロボット100が、X方向に2つ以上離間する第1鉄筋R10上の交差箇所c12の鉄筋結束作業を行う場合にも同様に、第1鉄筋R10同士の間隔に基づき移動量を算出してもよい。また、算出された移動量に基づき、横移動の際の横移動ユニット146による本体ユニット140の横移動（例えば水平移動）を行ってもよい。なお、移動量算出部174は、横移動量以外の他の方向の移動量の算出を実行してもよい。例えば、移動量算出部174は、鉄筋結束ロボット100の縦移動（第1の方向、Y方向の移動）の移動量を、各センサ130の検出結果や、鉄筋端部判定部164b1及び／または鉄筋端部判定部164b2による判定結果等に基づいて算出してもよい。

[0062] センサユニット130としては、例えば2次元画像または3次元画像の撮影が可能なカメラが用いられてもよく、センサユニット130の検出結果に基づき、例えば判定部164の障害物判定部164dにより、異物の位置が判定されてもよい。鉄筋を組み上げる建設現場等においては、例えば、鉄筋面上に工具等が放置されている、あるいは、作業員が作業を行っていることがある。これらをセンサユニット130による検出結果に基づいて異物として検知し、異物の検知結果に基づき、異物迂回制御部179は、モータ制御部178により第1車輪駆動モータ124a、第2車輪駆動モータ124b、第3車輪駆動モータ124c、及び／または第4車輪駆動モータ124dを駆動して異物を迂回するように構成されていてもよい。あるいは、鉄筋結束ロボット100が後述する横移動を行うことにより、異物を迂回するように構成されていてもよい。

[0063] 制御ユニット160は、例えば、演算部に相当するCPU（Central Processing Unit）等のプロセッサであり、記憶装置198に記憶されたコンピュ

ータ・プログラムの実行に関する制御やデータの演算、加工を行う制御部である。プロセッサは、各検出データ等を用いて鉄筋結束ロボット１００の動作（鉄筋追従及び走行、横移動（例えば水平移動）、鉄筋結束作業、等）を実行するプログラムを実行する演算部である。記憶装置１９８に記憶されたプログラムをプロセッサが実行することにより、制御ユニットの各ユニット（例えば、センサ検出結果取得部１６２等）が実現される。

[0064] 記憶装置１９８は、例えばＲＡＭ（Random Access Memory）と、ＲＯＭ（Read only Memory）とを有していてもよい。ＲＡＭは、記憶部のうちデータの書き換えが可能なものであり、例えば半導体記憶素子で構成されてよい。ＲＡＭは、プロセッサが実行するプログラムやプログラムの実行に必要なデータ（例えば、後述するように、センサユニット１３０の検出結果に基づき鉄筋の位置の判定に用いられるテンプレートのデータ等）を記憶してもよい。なお、これらは例示であって、ＲＡＭには、これら以外のデータが記憶されていてもよいし、これらの一部が記憶されていなくてもよい。

[0065] ＲＯＭは、記憶部のうちデータの読み出しが可能なものであり、例えば半導体記憶素子で構成されていてもよい。ＲＯＭは、例えば制御ユニット１６０が実行するプログラムや、書き換えが行われないデータを記憶してもよい。

[0066] 制御ユニット１６０により実行されるプログラムは、記憶装置１９８（例えばＲＡＭやＲＯＭ）等のコンピュータによって読み取り可能な記憶媒体に記憶されて提供されてもよいし、本実施形態に係る鉄筋結束ロボット１００が不図示の通信部を有する場合には、通信部により接続される通信ネットワークを介してプログラムが提供されてもよい。

[0067] 上記の物理的な構成は例示であって、本開示の実施形態による鉄筋結束ロボット１００においては、制御ユニット１６０及び記憶装置１９８が必ずしも独立した構成でなくてもよい。例えば、鉄筋結束ロボット１００は、プロセッサとメモリとが一体化したＬＳＩ（Large-Scale Integration）を備えていてもよい。また、鉄筋結束ロボット１００は、制御ユニット１６０として

G P U (Graphical Processing Unit) を備えていてもよく、G P U がプログラムを実行することにより、上記で説明した様々な動作が実現されてもよい。

[0068] 次に、図 8 及び図 9 を参照して、鉄筋結束ロボット 100 による鉄筋上の走行動作について説明する。図 8 は、第 1 鉄筋 R 10 に沿って走行中の鉄筋結束ロボット 100 を Y 方向 (−Y 方向) から見た図である。図 9 は、第 1 鉄筋 R 10 に沿って走行中の鉄筋結束ロボット 100 を X 方向 (+X 方向) から見た図である。図 8 及び図 9 において、鉄筋結束ロボット 100 は、第 1 の方向 (Y 方向) に走行する。図 8 及び図 9 に示すように、鉄筋結束ロボット 100 は、走行中において、第 3 走行ユニット 121 c の第 3 ローラ 122 c が第 1 鉄筋 R 12 上にあり、第 4 走行ユニット 121 d の第 4 ローラ 122 d が第 1 鉄筋 R 14 上にあるように走行する。図 9 に示すように、第 2 走行ユニット 121 b の第 2 ローラ部 122 b も第 4 走行ユニット 121 d の第 4 ローラ部 122 d と同様に、第 1 鉄筋 R 14 上を走行する。図 8 及び図 9 には図示されていないが、第 1 走行ユニット 121 a の第 1 ローラ部 122 a も、第 3 走行ユニット 121 c の第 3 ローラ部 122 c 同様に第 1 鉄筋 R 12 上を走行する。このように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット 100 は、第 1 鉄筋 R 10 に沿って走行する際に、例えば、ある第 1 鉄筋 R 10 (第 1 鉄筋 R 12) と、ある第 1 鉄筋 R 12 の 2 つ隣に配置された第 1 鉄筋 R 10 (第 1 鉄筋 R 14) とを走行し、走行する第 1 鉄筋 R 12 及び第 1 鉄筋 R 14 との間に存在する第 1 鉄筋 R 10 である第 1 鉄筋 R 13 上に存在する、第 1 鉄筋 R 10 及び第 2 鉄筋 R 20 の交差箇所 c 12 を結束する。

[0069] 次に、図 10、図 11、及び図 12 を参照して、鉄筋結束作業時の鉄筋結束ロボット 100 について説明する。図 10 は、走行を停止し結束作業を実行する鉄筋結束ロボット 100 を Y 方向 (−Y 方向) から見た図である。図 11 は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット 100 を X 方向 (+X 方向) から見た図である。図 12 は、結束作業を実行する鉄筋結束ロボット 100

をZ方向下側（－Z方向）から見た図である。図10、図11、及び図12は、鉄筋結束ロボット100が、第1鉄筋R13及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を結束する例を示している。結束作業にあたり、鉄筋結束ロボット100は、走行を停止し（図10）、鉄筋結束ユニット110を下降させて結束を行う（図11及び図12）。

[0070] 次に本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100による鉄筋群R（第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20）の位置を算出する構成について説明する。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、延伸方向がY方向（第1の方向）である複数の第1鉄筋R1と、延伸方向がY方向（第1の方向）に交差するX方向（第2の方向）であり第1鉄筋R1と交差するように配置される複数の第2鉄筋R2と、を含む鉄筋群R上を走行可能に構成される走行ユニット121と、少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20を検出可能に構成されるセンサユニット130と、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像を構成する複数の画素の画素値に基づき、センサユニット130により検出される少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20の位置を算出するように構成される第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（本実施形態において、「鉄筋位置算出ユニット」ともいう。）を備える。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像に基づき第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出することにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の算出プロセスを効率化することができる。例えば、センサユニットの検出結果として、3次元データを用いて鉄筋の位置を算出する場合に比べ、二次元画像に基づいた計算を行うことにより、計算負荷を軽減することができる。

[0071] 本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100において、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の算出に用いられる二次元画像は、濃淡画像であってもよい。このとき、鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R

１０及び／または第２鉄筋Ｒ２０の部分画像を含む少なくとも一つのテンプレート画像の情報を格納する記憶装置１９８を備え、上記二次元画像は、濃淡画像を含み、第１鉄筋判定部１６４ａ１及び／または第２鉄筋判定部１６４ａ２（鉄筋位置算出ユニット）は、濃淡画像を、テンプレート画像と照合することにより、少なくとも一つの第１鉄筋Ｒ１０及び／または少なくとも一つの第２鉄筋Ｒ２０の位置を算出するように構成されていてもよい。

[0072] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット１００では、濃淡画像において、画素の濃度値が所定の閾値以上である場合に、当該画素が第１鉄筋Ｒ１０及び／または第２鉄筋Ｒ２０に対応すると判断してもよい。このとき、第１鉄筋判定部１６４ａ１及び／または第２鉄筋判定部１６４ａ２（鉄筋位置算出ユニット）は、濃淡画像を構成する画素の濃度値が、所定の閾値（第１閾値）以上である場合に、所定の閾値以上の濃度値を有する画素に対応する位置に第１鉄筋Ｒ１の少なくとも一部及び／または第２鉄筋Ｒ２の少なくとも一部が存在すると判断してもよい。あるいは、二次元画像として濃淡画像を用いる場合に、対象物が存在する領域の画像濃度を低くし、対象物が存在しない領域の画像濃度を高くすることにより濃淡画像を生成してもよく、この場合、画素の濃度値が所定の閾値未満である場合に、当該画素が第１鉄筋Ｒ１０及び／または第２鉄筋Ｒ２０に対応すると判断してもよい。

[0073] 本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット１００においては、濃淡画像は３次元センサの検出結果により生成されてもよい。このとき、センサユニット１３０は、検出対象物の表面の複数の点のｘ座標、ｙ座標、及びｚ座標を検出可能な３次元センサを含み、３次元センサにより検出されるｚ座標値は、ｚ座標値の大きさに応じて異なる画像濃度に変換され、濃淡画像は、ｘ座標と、ｙ座標と、画像濃度とに基づき２次元画像を構成することにより生成されてもよい。

[0074] あるいは、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット１００は、センサユニット１３０が濃淡画像を撮像するように構成されていてもよい。このとき、センサユニット１３０は、撮像装置を含んでいてもよく、濃淡画像は、撮

像装置により撮像された画像に基づき生成されてもよい。

- [0075] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、マッチング度により第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出してもよい。このとき、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、濃淡画像と、テンプレート画像とのマッチング度に基づき、少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20の位置を算出するように構成されていてもよい。
- [0076] 本開示の実施形態においては、マッチング度は、例えば、センサユニット130による検出結果、センサユニット130による検出結果に基づき生成される二次元画像と、またはテンプレート画像とを比較することにより算出されてもよい。例えば、センサユニット130による検出結果に基づき生成される二次元画像のうちの比較対象となる部分画像における全画素の画素値と、テンプレート画像における全画素の画素値とを比較し、比較される2つの画像の互に対応する各画素の画素値が一致するか否かに基づき、一致する画素の割合を百分率で表す等によりマッチング度として算出してもよい。例えば、テンプレート画像が50,000個の画素を含み、比較対象とする濃淡画像における50,000個の画素と比較し、40,000個の画素の濃度が一致、あるいはほぼ一致していた（例えば両者の差異が10%以内等）場合に、マッチング度は80%と算出されてもよい。
- [0077] このとき、マッチング度の基準値を用いて第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出してもよい。このとき、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、マッチング度が所定の基準値以上か判断し、マッチング度が所定の基準値以上である場合に、センサユニット130による検出範囲内に第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20が存在すると判断してもよい。
- [0078] 本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100においては、マッチング度の基準値として、高さごとに異なる値が設定されていてもよい。このとき、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、鉄筋結束ロボット1

00の鉄筋群Rからの高さを算出するロボット高さ算出部164e（本実施形態において、「ロボット高さ算出ユニット」ともいう）を備え、所定の基準値は、鉄筋結束ロボット100の異なる高さに応じた複数の基準値を含み、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、複数の基準値に、ロボット高さ算出部164e（ロボット高さ算出ユニット）により算出された鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さに対応する基準値が存在するか判断し、複数の基準値に、鉄筋結束ロボット100の高さに対応する基準値が存在すると判断される場合、この基準値に基づき、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出し、複数の基準値に、鉄筋結束ロボット100の高さに対応する基準値が存在しないと判断される場合、複数の基準値のうちの少なくとも2つの基準値に基づき、測定された鉄筋結束ロボット100の高さに対応する新たな基準値を算出するように構成されていてもよい。

[0079] 本開示の実施形態においては、例えば、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが所定の大きさごとに複数の基準値が設定されていてもよい。例えば、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが10cmから5cmごとに30cmまでの5つの基準値が設定されていてもよい。このとき、例えば、ロボット高さ算出部164eにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが20cmであると判断された場合に、高さが20cmについて基準値が60%と設定されていた場合に、60%が基準値として用いられてもよい。また、例えば、ロボット高さ算出部164eにより、鉄筋結束ロボット100の鉄筋群Rからの高さが23cmと判断された場合に、23cmに対する基準値が設定されていないときは、例えば20cmの基準値と25cmの基準値とに基づいて新たな基準値が設定されてもよい。例えば、高さが20cmの基準値が60%であり、高さが25cmの基準値が50%であった場合に、23cmでの基準値を、 $50\% + ((60\% - 50\%) * ((25\text{cm} - 23\text{cm}) / (25\text{cm} - 20\text{cm}))) = 54\%$ と線形補間による内挿により算出されてもよい。新たに算出された基準値は、例

えば記憶装置 198 に格納され、以降の作業において必要に応じて利用されてもよい。なお、上記の高さ、基準値、また、新たな基準値の算出方法は例示であり、これに限られない。例えば、さらに多くの基準値が設定されていてもよいし、例えば、高さが 10 cm 未満、あるいは 30 cm 超についても基準値が設定されてもよい。

[0080] 以下、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボットによる鉄筋の位置の算出プロセスについて説明する。

[0081] まず、鉄筋結束ロボット 100 で用いられるセンサユニット 130 の具体例について詳述する。センサユニット 130 としては、例えば、ToF (Time of Flight) カメラ等の 3D 距離カメラを用いることができる（例えば ESPR0S Photonics 社製の T0Fcam-635）。3D 距離カメラにより、例えば、被写物体ごとにカメラからの離間距離に応じて濃淡が異なる画像が出力され、画素ごとに対象となる被写物体までの距離を取得し、比較的近い物体は濃度を高く（黒に近く）、比較的遠い物体ほど濃度を淡く（白に近く）なるように表すことができる。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット 100 が鉄筋群 R を走行中は、鉄筋結束ロボット 100 と鉄筋群 R との距離は概ね変わらないので、比較的黒く近い物体を鉄筋（第 1 鉄筋 R10 及び／または第 2 鉄筋 R20）として認識することにより、鉄筋を検出してもよい。

[0082] 図 13A 及び図 13B は、3D 距離カメラにより出力された画像を示す。図 13A は 3D 距離カメラにより撮影された第 1 鉄筋 R10 及び第 2 鉄筋 R20 の交差箇所付近の画像を示す。図 13B は、第 1 鉄筋 R10 及び第 2 鉄筋 R20 の交差箇所付近の画像を模式的に示す。図 13A に示されるように、3D 距離カメラにより撮像される画像には、濃淡が現れ、本開示の実施形態においては、濃度が高い部分を第 1 鉄筋 R10 及び／または第 2 鉄筋 R20 であると認識することが可能である。図 13B に模式的に示されるように、画素ごとに濃度の濃淡の異なる画像が取得される。

[0083] センサユニット 130 としては、上記で例示してきたカメラ等の撮像装置に限らず、他のセンサが用いられてもよい。例えば、深さ方向または高さ方

向の情報を取得可能なレーザ等が用いられてもよい。例えばレーザにより取得された深さ方向の情報に基づき、上記同様の画像濃度を用いた二次元画像を生成してもよい。

[0084] 続いて、センサユニット130により撮像され、取得された画像（本実施形態においては濃淡画像）に基づき鉄筋を検出するプロセスについて説明する。まず、図14A及び図14Bを参照して、センサ130の第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dの配置について説明する。図14A及び図14Bは、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び第4センサ130dの配置を模式的に示す図である。図14Aは、鉄筋結束ロボット100を水平方向（X方向）から見た模式的な側面図である。図14Bは、鉄筋結束ロボット100を上方向（Z方向上側）から見た模式的な上面図である。図14Aには、第1センサ130a、第2センサ130b、及び第3センサ130cと共に、第1センサ130a、第2センサ130b、及び第3センサ130cによる撮像範囲も併せて模式的に示す。

[0085] 図14A及び図14Bに模式的に示されるように、Y方向に互いに離間して配置される第1センサ130a及び第2センサ130bは、斜め下向きに撮像するように配置されている。第3センサ130c、及び不図示の第4センサ130dも同様に、斜め下向きに撮像するように配置される。第1センサ130a及び第2センサ130bは、例えば、撮像範囲を規定する画角が例えば80°以上100°以下となるように設定される。また、第3センサ130c及び第4センサ130dは、例えば、画角が例えば50°以上70°以下となるように設定される。いずれのセンサ130も、他の画角となるように設定されてもよい。上述のように、第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、異物の判定を行う場合には、例えば、各センサの角度を上向きにする等、各センサの撮像範囲を変更してもよい。

[0086] 図15は、第1センサ130aによる撮像画像を模式的に示す。図15に

示されるように本開示の実施形態においては、第1センサ130aは斜め下方向を撮像するように配置されているので、手前から奥に向かって隣り合う第1鉄筋R10同士の間隔が狭くなる。本開示の実施形態においては、こうして得られた画像に基づき、例えばテンプレートマッチングを行うことにより、鉄筋群Rを構成する各鉄筋（複数の第1鉄筋R10及び複数の第2鉄筋R20）の位置を検出することができる。本開示の実施形態においては、テンプレートマッチングにより、例えば、撮像した画像と、予め用意した画像との類似度（本実施形態において、「マッチング度」ともいう。）に基づき、鉄筋（第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20）を検出し、鉄筋に対応する濃淡部分を含む濃淡画像をテンプレートとして用意し、各センサユニット130により撮像された画像を走査し、走査方向に類似度を算出する。

[0087] 図16を参照して、本開示の実施形態において実施されるテンプレートマッチングについて説明する。図16は、本実施形態に係るテンプレートマッチングを説明するための模式的な図である。図16には、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12付近の撮像画像と、X方向及びY方向に走査するためのテンプレート画像T110及びT120とを併せて示す。また、図16には、テンプレート画像T110及びT120、それぞれの走査に応じて算出された類似度の模式的なグラフG10及びG20も併せて示す。テンプレート画像T110及びT120を、それぞれ、Y方向及びX方向に走査し、テンプレート画像T110及びT120との類似度を算出することにより、撮像された画像上において、算出された類似度の最大値が閾値を超えた箇所は、鉄筋が存在する位置に対応すると判断する。グラフG10及びG20に示されるように、Y方向及びX方向に沿った類似度の分布においては、閾値TH10及び閾値TH20を超える部分が確認され、これらが鉄筋の存在する位置に対応する。なお、類似度（マッチング度）は例えば、撮像された画像の各画素の色濃度と、テンプレート画像を構成する各画素の色濃度とを比較することにより算出してもよい。例えば、まず、撮像された画像の各画素の対象物までの距離を色濃度として抽出する。次に、撮像された

画像全体の色濃度の合計値又は平均値が、薄い場合（例えば所定の閾値より低い場合）は、撮像された画像内に鉄筋が無いと判断する。一方、色濃度が濃い場合（例えば、所定の閾値より高い場合）は、抽出した色濃度とテンプレート画像を構成する各画素の色濃度との差を画素毎に比較する。撮像された画像の画素のうち、撮像された画素の色濃度と、テンプレート画像を構成する画素の色濃度との差の絶対値の合計が最も低い位置を鉄筋位置として抽出してもよい。このように、撮像画像に対しテンプレート画像を走査し算出された類似度に基づき、テンプレートマッチングによる第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の検出が可能である。

[0088] 図15を参照して上述したように、本開示の実施形態においては、第1センサ130aにより撮像される画像においては、X方向に隣り合う第1鉄筋R10同士の間隔がY方向に沿って変化する。同様に、第2センサ130bにより撮像される画像についても、第1鉄筋R10のX方向の間隔がY方向に変化し、また、第3センサ130c及び第4センサ130dにより撮像される画像についても、撮像される第2鉄筋R20同士のY方向の間隔がX方向に沿って変化する。従って、例えば、撮像される画像に対し正射変換を行うことにより、撮像画像上の鉄筋同士の間隔が略等しくなるように画像を補正してからテンプレートマッチングを行ってもよい。なお、正射変換等の画像の変換を行わず、テンプレートとして図15のような鉄筋同士の間隔が変化する画像を用意することによっても、テンプレートマッチングに基づく鉄筋の検出を行うことができる。

[0089] 本開示の実施形態に係るテンプレートマッチングにおいては、例えば、各画像に対し周波数分析を行い、位相相関法を用いることにより撮像画像とテンプレート画像との間の関連性を評価してもよい。

[0090] 第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の位置は、例えば、3次元センサ等を用いることにより、検出範囲内の対象物のXYZの3次元データを取得し、推定することも可能である。上述のように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100においては、Z方向の第3次元のデータを画素の濃度の情

報として扱うテンプレートマッチングを行うことにより、交差箇所c 1 2の位置の算出の計算量を、例えば3次元のXYZのデータに基づき計算を行う場合に比べ、比較的小さくすることができる。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100のように、走行しながら交差箇所c 1 2の結束作業を行う場合には、計算量を小さくすることができるテンプレートマッチングによる鉄筋の位置の判定方法が好適に用いられる。

[0091] 次に、本開示の実施形態における第1鉄筋R 1 0及び第2鉄筋R 2 0の交差箇所の判定方法について説明する。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R 1 0及び第2鉄筋R 2 0の交差箇所c 1 2の判定を行う場合には、上述のように、第1センサ130 a及び第2センサ130 bが第1鉄筋R 1 0を検出するように構成されていてもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット100は、上述のように、鉄筋群Rの第1鉄筋R 1 0と第2鉄筋R 2 0との交差箇所c 1 2を結束するように構成される鉄筋結束ユニット110を備え、センサユニット130は、互いに第3の方向に沿って離間して配置され、少なくとも第1鉄筋R 1 0を検出可能に構成される第1センサ130 a及び第2センサ130 bを含み、上述の少なくとも一つのテンプレート画像は、第1鉄筋R 1 0の部分画像を含むテンプレート画像T 1 10（第1テンプレート画像）を含み、鉄筋結束ロボット100は、走行ユニット121がY方向（第1の方向）に進行し、且つ、第1センサ130 a及び第2センサ130 bが配置される方向（第3の方向）がY方向（第1の方向）と平行となるように配置され、第1鉄筋判定部164 a 1及び／または第2鉄筋判定部164 a 2（鉄筋位置算出ユニット）は、第1センサ130 a及び／または第2センサ130 bの検出結果と、第1テンプレート画像とを照合することにより第1鉄筋R 1 0の位置を算出し、鉄筋結束ユニット110は、位置が算出された第1鉄筋R 1 0上の交差箇所c 1 2を結束してもよい。

[0092] また、このとき、鉄筋結束ロボット100は、さらに、第3センサ130 c及び第4センサ130 dが、第1鉄筋R 1 0に加え第2鉄筋R 2 0も検出

し交差箇所c 1 2を推定するように構成されていてもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット1 0 0は、交差箇所c 1 2を推定する交差箇所算出部1 6 6（本実施形態において、「交差箇所推定ユニット」ともいう。）をさらに備え、センサユニット1 3 0は、互いに上記第3の方向に交差する第4の方向に沿って離間して配置され、少なくとも第2鉄筋R 2 0を検出可能に構成される第3センサ1 3 0 c及び第4センサ1 3 0 dを含み、少なくとも一つのテンプレート画像は、第2鉄筋R 2 0の部分画像を含むテンプレート画像T 1 2 0（第2テンプレート画像）を含み、鉄筋結束ロボット1 0 0は、第4の方向がX方向（第2の方向）と平行となるように配置され、第1鉄筋判定部1 6 4 a 1及び／または第2鉄筋判定部1 6 4 a 2（鉄筋位置算出ユニット）は、第3センサ1 3 0 c及び／または第4センサ1 3 0 dの検出結果と、第2テンプレート画像とを照合することにより第2鉄筋R 2 0の位置を算出し、交差箇所推定部（交差箇所推定ユニット）は、算出された第1鉄筋R 1 0と、算出された第2鉄筋R 2 0との交点を交差箇所c 1 2と推定し、鉄筋結束ユニット1 1 0は、推定された交差箇所c 1 2を結束するように構成されていてもよい。

[0093] また、鉄筋結束ロボット1 0 0は、第1鉄筋R 1 0の端部R 1 0 eを検出した場合、第3センサ1 3 0 c及び／または第4センサ1 3 0 dに第1鉄筋R 1 0を検出させ、第3センサ1 3 0 c及び／または第4センサ1 3 0 dに検出される第1鉄筋R 1 0に基づき、鉄筋結束ロボット1 0 0の後述する横移動量の算出に用いられてもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット1 0 0は、走行ユニット1 2 1が進行する第1鉄筋R 1 0から他の第1鉄筋R 1 0に移動する場合に、第1鉄筋判定部1 6 4 a 1及び／または第2鉄筋判定部1 6 4 a 2（鉄筋位置算出ユニット）により算出される第1鉄筋R 1 0の位置情報に基づき、走行ユニット1 2 1の移動量を算出する移動量算出部1 7 4（移動量算出ユニット）を備え、第1鉄筋判定部1 6 4 a 1及び／または第2鉄筋判定部1 6 4 a 2（鉄筋位置算出ユニット）は、第1センサ1 3 0 a及び／または第2センサ1 3 0 bの検出結果に基づき、走行ユニット1 2 1が

進行する第1鉄筋R10の位置を算出し、第1センサ130aの検出結果のマッチング度が所定の基準値未満である場合に、マッチング度が、所定の端部基準値以上であるか判断し、マッチング度が所定の端部基準値以上であると判断される場合に、第1センサ130aの検出範囲内に第1鉄筋R10の端部R10eが存在すると判断し、第1センサ130aの検出範囲内に第1鉄筋R10の端部R10eが存在すると判断される場合に、第3センサ130c及び／または第4センサ130dは、第1鉄筋R10を検出するように設定され、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）は、第3センサ130c及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、走行ユニット121が進行する第1鉄筋R10からX方向（第2の方向）に離間する他の第1鉄筋R10の位置を算出し、移動量算出部174（移動量算出ユニット）は、第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（鉄筋位置算出ユニット）により算出される他の第1鉄筋R10の位置と、走行ユニット121が進行する第1鉄筋R10の位置と、に基づき走行ユニット121のX方向（第2の方向）の移動量を算出し、走行ユニット121は、算出されたX方向（第2の方向）の移動量に基づき、X方向（第2の方向）に移動するように構成されているように構成されている。

[0094] 図17を参照して、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所の推定方法について説明する。図17は、交差箇所の推定方法を説明するための、Z方向下側（-Z方向）から見た鉄筋結束ロボット100を模式的に示す図である。図17に示すように、例えば、本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット100は、上述のように、2本の第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14を走行し、第1センサ130a及び第2センサ130bが第1鉄筋R13を検出し、第3センサ130c及び第4センサ130dが第2鉄筋R20を検出するように構成されている。図17に示す例においては、第3センサ130c及び第4センサ130dが例えば第2鉄筋R23を検出する。このとき、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき、

第1センサ130aと第2センサ130bとの間に延伸する第1鉄筋R13を推定し、また、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果に基づき、第3センサ130cと第4センサ130dとの間に延伸する第2鉄筋R23を推定する。推定された第1センサ130aと第2センサ130bとの間に延伸する第1鉄筋R13と、第3センサ130cと第4センサ130dとの間に延伸する第2鉄筋R23とが交差する箇所を交差箇所c12と推定する。

[0095] 図18を用いて、本開示の実施形態における交差箇所c12の推定方法について説明する。図18は本開示の実施形態における交差箇所c12の推定方法のフローチャートである。

[0096] まず、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果を取得する(S1802)。

[0097] 次に、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき、テンプレートマッチングを実行することにより、第1センサ130a及び第2センサ130bにより検出された第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20を確認する(S1804)。

[0098] 第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき第1鉄筋R13の位置を推定する(S1806)。

[0099] 続いて、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果を取得する(S1808)。

[0100] 次に、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果に基づき第2鉄筋R20の位置を推定する(S1810)。

[0101] 続いて、推定された第1鉄筋R13及び推定された第2鉄筋R20の位置に基づき交差箇所を推定する(S1812)。

[0102] このように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、第1センサ130a及び第2センサ130bが配置される第3の方向(Y方向)が、第1鉄筋R10の延伸する方向である第1の方向と平行となり、且つ第3センサ130c及び第4センサ130dが配置される方向である第4の方向

が第2鉄筋R20の延伸する方向である第2の方向と平行となるように、鉄筋群R上に配置されており、交差箇所c12を推定する交差箇所推定部である交差箇所算出部166を備え、第1センサ130a及び第2センサ130bは、第1鉄筋R10を検出可能に構成されており、第3センサ130c及び第4センサ130dは、第2鉄筋R20を検出可能に構成されており、交差箇所推定部である交差箇所算出部166は、第1センサ130a及び第2センサ130bの検出結果に基づき、第1センサ130a及び第2センサ130bのいずれにもより検出される第1鉄筋R10（第1鉄筋R13）の位置を推定し、第3センサ130c及び第4センサ130dの検出結果に基づき、第3センサ130c及び第4センサ130dのいずれにもより検出される第2鉄筋R20（第2鉄筋R23）の位置を推定し、第1センサ130a及び第2センサ130bにより検出された第1鉄筋R13と、第3センサ130c及び第4センサ130dにより検出された第2鉄筋R23との交点を、交差箇所c12と推定するように構成されていてもよい。

- [0103] 鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R13上の第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の位置を算出する場合、例えば第1センサ130aは、交差する点（交差部cp12）を通過している可能性がある。このとき、例えば、第1センサ130aにより撮像された交差部cp12の情報に基づき、算出される交差箇所c12の位置の調整を行ってもよい。すなわち、鉄筋結束ロボット100は、第1センサ130a及び第2センサ130bが第1鉄筋R10を検出しながら第1の方向（Y方向）に進行するように構成され、鉄筋結束ロボット100が進行中に、第1センサ130aが、第1鉄筋R10が第2鉄筋R20と交差する交差部cp12を検出した場合、交差部cp12と、推定された交差箇所c12とが一致するか否かを判定し、交差部cp12と、推定された交差箇所c12とが一致しないとき、推定された交差箇所c12の位置の調整を実行するように構成されていてもよい。検出した交差部cp12の位置と、推定された交差箇所c12の位置とが一致しない場合には、例えば、鉄筋結束ロボット100を第1鉄筋R10に追

従させる方法について上述したのと同様に、走行ユニット121の第1走行ユニット121a、第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び／または第4走行ユニット121dを、それぞれ、加速または減速する、あるいは、第1車輪駆動モータ124a、第2車輪駆動モータ124b、第3車輪駆動モータ124c、及び第4車輪駆動モータ124dの回転数を制御することにより、鉄筋結束ロボット100の位置を調整してもよい。

[0104] なお、図18を参照して上述した交差箇所の推定方法は例示であり、上述の例に限られない。例えば、各センサによる検出結果の取得は、上記の順で実行されなくてもよく、また、検出結果に基づく鉄筋の位置の推定も上記の順で実行されなくてもよい。

[0105] 次に、本開示の実施形態における鉄筋結束ロボット100の移動量の算出方法について説明する。図17を参照し、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R10のY方向の端部R10e付近に到達し、横移動（X方向への移動）を行う場合を例に説明する。図17に示すように、鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14を走行し、第1鉄筋R12と第1鉄筋R14との間に存在する第1鉄筋R13が第2鉄筋R20（例えば、第2鉄筋R21、R22、R23、R24、及びR25）と交差する箇所の結束を行い、端部R12e、端部R13e、及び端部R14e付近に到達している。このとき、鉄筋結束ロボット100は、次に、結束作業を実行してきた第1鉄筋R13のX方向（+X方向）の隣の鉄筋である第1鉄筋R14の結束作業を実行することとなり、そのため、X方向（+X方向、第1鉄筋R13から第1鉄筋R14に向かう方向）への移動を行う。

[0106] 図19を参照して、この場合の鉄筋結束ロボット100の横移動の方法について説明する。図19は、鉄筋結束ロボット100の横移動に関するフローチャートである。

[0107] まず、第1センサ130aの検出結果を取得する（S1902）。

[0108] 次に、第1センサ130aの検出結果に対し、テンプレートマッチングを行う（S1904）。

- [0109] 次に、テンプレートマッチングの結果により、第1センサ130aにより検出される第1鉄筋R13の端部R13eが検出されたか判断する（S1906）。
- [0110] 続いて、第2鉄筋R20の端部R20eが検出されたか判断する（S1908）。第2鉄筋R20の端部R20eとしては、例えば、図17に示すように、第2鉄筋R21、R22、R23、R24、及びR25の端部R21e、R22e、R23e、R24e、及びR25eのうちのいずれかが検出されたか判断してもよい。
- [0111] 例えば、第3センサ130c及び／または第4センサ130dの検出結果に基づき、第2鉄筋R20の端部R20eが検出されたか判断してもよい。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ロボット100は、Z方向上方から見て、X軸左側の第1鉄筋R10からX軸右側の第1鉄筋R10に向かって第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所の結束作業を行っていく。従って、Z方向上方から見て、X方向の右側に設けられた第4センサ130dの検出結果に基づき、第2鉄筋R20のX方向右側の端部R20eが検出されたかを判断してもよい。例えば、第4センサ130dにより、第2鉄筋R20のX方向右側の端部R20eが検出された場合には、最後の第1鉄筋R10の結束作業が完了した可能性があるので、作業対象である鉄筋群Rの結束作業を終了してもよい。
- [0112] 端部R20eの検出については、これに限られず、例えば、他のセンサによる検出結果に基づいて判断されてもよく、X方向右側の第1鉄筋R10からX方向左側の第1鉄筋R10に向かって結束作業を行う場合には、第3センサ130cにより第2鉄筋R20のX方向左側の端部R20eを検出してもよい。また、端部R20eの検出以外の条件に基づき結束作業を終了させるように構成することも可能である。例えば、端部R20e以外の箇所において別の鉄筋の結束作業を開始するように条件を設定し鉄筋結束ロボット100を移動させるように構成することも可能であり、あるいは、異物検出等の要因の発生により結束位置を変更し結束作業を実行する対象となる鉄筋を

替え鉄筋結束ロボット100を移動させるように構成することも可能である。また、第1センサ130a及び／または第2センサ130bによっても、例えば配置箇所、傾き、画角等を調整することにより第2鉄筋R20を検出することも可能であるので、第2鉄筋R20の端部R20eの検出を第1センサ130a及び／または第2センサ130bの検出結果を利用して実行してもよい。

[0113] 次に、第4センサ130dの検出結果を取得する(S1910)。

[0114] 続いて、第4センサ130dの検出結果に基づきテンプレートマッチングを行う(S1912)。

[0115] 次に、第4センサ130dにより検出された第1鉄筋R10の位置に基づき、鉄筋結束ロボット100の移動先の第1鉄筋R10を推定する(S1914)。本開示の実施形態においては、第4センサ130dは、複数の第1鉄筋R10を検出する。例えば、図17に示す例においては、第4センサ130dは、鉄筋結束ロボット100のX方向右側に存在する第1鉄筋R14を検出してもよい。また、第1鉄筋R13に沿った第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の結束作業を実行してきたので、次に、第1鉄筋R14に沿った交差箇所の結束作業を実行する場合、鉄筋結束ロボット100は、例えば第1鉄筋R13及び第1鉄筋R15上を走行するように横移動を行う。例えば、第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cが第1鉄筋R13上を走行し、第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dが第1鉄筋R15上を走行するように、鉄筋結束ロボット100をX方向に移動させる横移動を実行してもよい。

[0116] 続いて、横移動量を算出する(S1918)。鉄筋結束ロボット100の横移動量は、以下の方法により算出されてもよい。例えば、上述のように、鉄筋結束ロボット100が、Z方向上側から見てX方向右側(+X方向)に移動する場合、すなわち、第4センサ130dが配置される方向に移動する場合、第4センサ130dが鉄筋結束ロボット100のX方向の中心からX方向にどれだけ離れているか、及び、第4センサ130dが検出する第1鉄

筋 R 1 4 が第 4 センサ 1 3 0 d からどれだけ離れているか、の 2 つの情報に基づき、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の横移動量が算出されてもよい。

[0117] 第 4 センサ 1 3 0 d が鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心から X 方向にどれだけ離れているか算出する場合に、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心は、例えば、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が配置されている位置であってもよい。あるいは、鉄筋結束ユニット 1 1 0 による結束位置を鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心と見做してもよい。このとき、例えば、鉄筋結束ロボット 1 0 0 が結束作業を行う対象である第 1 鉄筋 R 1 3 の X 方向の位置が、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心位置と判断してもよい。なお、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心位置及び、第 4 センサ 1 3 0 d の鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心位置からの距離（X 方向の距離）は予め算出され、記憶装置 1 9 8 に記憶されていてもよい。なお、センサユニット 1 3 0 の位置を変更可能とする構成において、例えば、第 4 センサ 1 3 0 d の位置を、建設現場等に応じて変更する場合、どの方向にどれだけ第 4 センサ 1 3 0 d が移動されたか算出し、第 4 センサ 1 3 0 d の移動量を考慮して、第 4 センサ 1 3 0 d の鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心からの X 方向における距離が算出されてもよい。また、第 4 センサ 1 3 0 d から第 4 センサ 1 3 0 d が検出する第 1 鉄筋 R 1 4 がどれだけ離れているかについては、例えば、第 4 センサ 1 3 0 d により撮像される画像に基づき算出されてもよい。

[0118] 例えば、第 4 センサ 1 3 0 d が鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心（例えば、第 1 鉄筋 R 1 3 の位置）から X 方向に 1 0 0 離れた位置に取り付けられ、第 1 鉄筋 R 1 4 が第 4 センサ 1 3 0 d から鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心から遠ざかる方向に 2 0 離れた位置にある場合、第 1 鉄筋 R 1 0 の間隔（第 1 鉄筋 R 1 3 及び第 1 鉄筋 R 1 4 の間隔）は 1 2 1 であると算出し、横移動量を 1 2 1 とする制御を行ってもよい。例えば、第 4 センサ 1 3 0 d が鉄筋結束ロボット 1 0 0 の X 方向の中心（例えば、第 1 鉄筋 R 1 3 の位置）から X 方向に 2 0 c m 離れた位置に取り付けられ、第 1 鉄筋 R 1 4

が第4センサ130dから鉄筋結束ロボット100のX方向の中心から遠ざかる方向に4cm離れた位置にある場合、第1鉄筋R10の間隔（第1鉄筋R13及び第1鉄筋R14の間隔）は24cmであると算出し、横移動量を24cmとする制御を行ってもよい。また、第4センサ130dが鉄筋結束ロボット100のX方向の中心（例えば、第1鉄筋R13の位置）からX方向に20cm離れた位置に取り付けられ、第1鉄筋R14が第4センサ130dから鉄筋結束ロボット100のX方向の中心に向けて4cm近づいた位置にある場合、第1鉄筋R10の間隔（第1鉄筋R13及び第1鉄筋R14の間隔）は16cmであると算出し、横移動量を16cmとする制御を行ってもよい。

[0119] 鉄筋結束ロボット100の横移動量は、例えば、上述するように、鉄筋結束ロボット100を、次に第1鉄筋R14上の交差箇所の結束を行うように横移動させる場合、鉄筋結束ロボット100は、全体として隣り合う第1鉄筋R10の間隔に相当する横移動を行うように、横移動量を算出されてもよい。上述の例においては、第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cは、第1鉄筋R12から第1鉄筋R13、第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dは、第1鉄筋R14から第1鉄筋R15に、それぞれ移動する。本開示の実施形態においては、第1鉄筋R10はほぼ等間隔に、互いにほぼ平行となるように配置されているので、第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dのX方向への移動量は等しい。従って、横移動量は、例えば、第4センサ130dにより検出される第1鉄筋R14及び第1鉄筋R15間のX方向の間隔であってもよい。あるいは、第1鉄筋R10同士の間隔はほぼ等しいので、他のセンサによる検出結果に基づき算出される隣り合う第1鉄筋R10同士の間隔に基づき横移動量が算出されてもよい。また、複数（例えば3本以上）の第1鉄筋R10のX方向の距離を算出し、算出された複数の第1鉄筋R10同士のX方向の距離の平均値を求め、第1鉄筋R10同士の間隔の平均値を横移動量としてもよい。平均値の算出により、例えば第1鉄筋R10同士の間隔に誤差があった場合に

も算出される横移動量への誤差の影響を小さくすることができる。

[0120] 次に、算出された横移動量に基づき鉄筋結束ロボット100の横移動を実行する(S1918)。

[0121] 横移動が完了した鉄筋結束ロボット100は、例えば移動後に第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dが位置する第1鉄筋R13及び第1鉄筋R15に沿って走行し(S1920)、第1鉄筋R14上の交差箇所c12の結束作業を開始してもよい。

[0122] 上述の第1鉄筋R10の端部R10eの検出は、例えば、端部R10eの画像に対応するテンプレートを用意し、端部R10eのテンプレートとのマッチング度に基づき、判断してもよい。例えば、端部R10e以外の部分について、図16を参照して例示したように一方向に延伸したテンプレート画像を用意する場合に、端部R10eについては、端部R10e以外の部分に比べ、鉄筋に対応する部分のY方向の長さが短いテンプレート画像を用意してもよい。

[0123] あるいは、マッチング度がある値の範囲である場合に端部R10eに到達しつつあると判定してもよい。例えば、第1鉄筋R10の端部R10e以外の部分においては、マッチング度が100%に比較的近く、75%以上の場合に第1鉄筋R10の端部R10e以外の部分の存在を判定し、マッチング度が比較的低い、例えば50%以上75%以下の場合に、第1鉄筋R10のうち端部R10eに近い部分を走行していると判定してもよい。端部R10e以外の部分についても端部R10eの近傍についても、ここでのマッチング度は例示であり、他の値が設定されてもよいし、鉄筋の配置状況やその他の環境等に応じて基準とする値が変更可能に構成されてもよい。

[0124] このように、鉄筋結束ロボット100が横移動をする場合、特に第3センサ130c及び／または第4センサ130dによる第1鉄筋R10の検出結果が用いられる。第3センサ130c及び第4センサ130dについては、上述のように、例えば第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の位置の算出にあたり、第3センサ130c及び第4センサ130dの第2

鉄筋R20の位置の検出結果が用いられる、すなわち、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の位置の算出においては、第3センサ130c及び第4センサ130dによる第1鉄筋R10の位置の検出結果は用いられなくてもよいので、この場合は第3センサ130c及び第4センサ130dによって第1鉄筋R10は検出されなくてもよい。鉄筋結束ロボット100が鉄筋結束作業を進め、第1鉄筋R10の端部R10eに到達した場合に、例えば、鉄筋結束ロボット100が横移動を行い、そのため、移動量を算出できるように、第3センサ130c及び／または第4センサ130dにより第1鉄筋R10が検出できるように、例えば第3センサ130c及び／または第4センサ130dの向きを変更する等の方法により第3センサ130c及び／または第4センサ130dによる撮像範囲を変更してもよい。

[0125] 上記、図19を参照して、第1センサ130a及び第4センサ130dの検出結果を用いる場合を例に説明したが、検出結果を参照するセンサはこれらに限られず、例えば、鉄筋結束ロボット100の進行する方向に応じてどのセンサを用いるか替えることも可能である。上述のように、第1センサ130aにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第4センサ130dの方向に横移動を行う場合に限らず、例えば、第1センサ130aにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第3センサ130cの方向に横移動を行ってもよい。また、例えば、第2センサ130bにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第3センサ130cの方向に横移動を行ってもよいし、あるいは、第2センサ130bにより第1鉄筋R10の端部R10eが検出された場合に、鉄筋結束ロボット100は、第4センサ130dの方向に横移動を行ってもよい。

[0126] 以下、鉄筋結束ロボット100の横移動の例について図20A～図25Bを参照して説明する。図20A～図25Bは、横移動中の鉄筋結束ロボット100を鉄筋結束ロボット100の図であり、図20A、図21A、…、図25Aは鉄筋結束ロボット100の背面から見た図であり、図20B、図2

1 B、…、図 2 5 B は鉄筋結束ロボット 1 0 0 を斜め上方向から見た図である。

[0127] 図 2 0 A 及び図 2 0 B は、横移動を開始する前の鉄筋結束ロボット 1 0 0 を示す。図 2 0 A 及び図 2 0 B に示すように、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、第 1 鉄筋 R 1 2 及び R 1 4 上を走行する。

[0128] 次に、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、横移動を開始する。本開示の実施形態においては、上述したように、例えば第 1 センサ 1 3 0 a による検出結果に基づき第 1 鉄筋 R 1 0 の端部 R 1 0 e 近傍に到達した、あるいは到達しつつあると判断された場合に、横移動を開始すると判断する。図 2 1 A 及び図 2 1 B は、鉄筋結束ロボット 1 0 0 が横移動を開始したときの状態を示す。図 2 1 A 及び図 2 1 B に示すように、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、走行ユニット 1 2 1 は移動させず、本体ユニット 1 4 0 を移動する方向（X 方向）に移動する。図 2 1 A 及び図 2 1 B に示すように、このとき、第 1 走行ユニット 1 2 1 a 及び第 2 走行ユニット 1 2 1 b は、それぞれ、第 1 鉄筋 R 1 2 及び第 1 鉄筋 R 1 4 上に移動せずに存在する。このとき、支持バー 1 5 0 a 及び 1 5 0 b は、いずれの鉄筋にも接していない。本体ユニット 1 4 0 の横移動（ここでは例えば水平方向への移動（X 方向への移動））は、例えば、図 2 1 A 及び図 2 1 B において不図示の横移動ユニット 1 4 6 の第 1 横移動モータ 1 4 6 m a 及び第 2 横移動モータ 1 4 6 m b により、第 1 連結部 1 4 7 a 及び第 2 連結部 1 4 7 b に設けられた第 1 横移動ローラ 1 4 6 l a 及び第 2 横移動ローラ 1 4 6 l b を駆動し、本体ユニット 1 4 0 を、第 1 駆動ラック 1 4 6 c a 及び第 2 駆動ラック 1 4 6 c b を介して X 方向に移動することにより実行されてもよい。

[0129] 次に、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、走行ユニット 1 2 1（走行ユニット 1 2 1 の下端）を第 1 鉄筋 R 1 0 に対して相対的に上方向に移動させる。図 2 2 A 及び図 2 2 B に示すように、走行ユニット 1 2 1 の-Z 方向の下端は、図 2 2 A 及び図 2 2 B において Z 方向上方（+Z 方向）に上昇される。このとき、例えば、第 1 本体側リンク部 1 2 5 a と第 1 ローラ側リンク部 1 2 3

aとが相対的に互いに近づく（すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが閉じる）方向に移動する。すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとがなす角が小さくなるように、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが移動する。第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dについても同様に、それぞれ、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第1ローラ側リンク部123c、第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d、が閉じる方向に移動する。

[0130] 本体側リンク部125とローラ側リンク部123が閉じ、走行ユニット121の下端が上昇すると、支持バー150a及び150bが相対的に下降する。走行ユニット121が第1鉄筋R10から離れると、支持バー150a及び150bが第1鉄筋R10に接する。例えば、走行ユニット121は、Z方向の長さが、モータ等（例えば、図7に示す第1車輪高さ変更モータ126a、第2車輪高さ変更モータ126b、第3車輪高さ変更モータ126c、及び第4車輪高さ変更モータ126d）により、ローラ（第1ローラ部122a、第2ローラ部122b、第3ローラ部122c、及び第4ローラ部122d）を支持する構成に相当する本体側リンク部125とローラ側リンク部123（第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123a、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第3ローラ側リンク部123c、第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d）を閉じることにより変更可能に構成されていてもよい。本体側リンク部125とローラ側リンク部123を閉じることによりローラ部122を上昇させ、ローラ部122が第1鉄筋R10から離間するように構成されてもよい。

[0131] 図22A及び図22Bに示すように、支持バー150a及び150bは、例えば、第1鉄筋R11～R14に接する。こうして、支持バー150a及び150bにより鉄筋結束口ボット100全体が支持される。

- [0132] 次に、鉄筋結束ロボット100の走行ユニット121がX方向に移動する。図23A及び図23Bに示すように、第1鉄筋R12と、第1鉄筋R14とにそれぞれ接していた第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cと、第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dとは、第1鉄筋R13と、第1鉄筋R15との上方に移動される。このとき、第1走行ユニット121a～第4走行ユニット121dのいずれもが第1鉄筋R10に接しておらず、支持バー150a及び150bが第1鉄筋R10（第1鉄筋R12～R15）に接し、鉄筋結束ロボット100を支持している。
- [0133] 続いて、走行ユニット121の本体側リンク部125とローラ側リンク部123とを開く。これにより、走行ユニット121の-Z方向の下端を第1鉄筋R10に対して相対的に下降させる。このとき、例えば、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが相対的に互いに遠ざかる（すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが開く）方向に移動する。すなわち、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとがなす角が大きくなるように、第1本体側リンク部125aと第1ローラ側リンク部123aとが移動する。第2走行ユニット121b、第3走行ユニット121c、及び第4走行ユニット121dについても同様に、それぞれ、第2本体側リンク部125bと第2ローラ側リンク部123b、第3本体側リンク部125cと第1ローラ側リンク部123c、第4本体側リンク部125dと第4ローラ側リンク部123d、が開く方向に移動する。
- [0134] 図24A及び図24Bに示すように、走行ユニット121の-Z方向の下端を、図24A及び図24BにおいてZ方向の下方（-Z方向）に下降させる。図24A及び図24Bに示されるように、第1走行ユニット121a及び第3走行ユニット121cは第1鉄筋R13に接し、第2走行ユニット121b及び第4走行ユニット121dは第1鉄筋R15に接する。従って、支持バー150a及び150bは、第1鉄筋R10に対して相対的に上昇する。そのため、鉄筋結束ロボット100は、この状態において走行ユニット

1 2 1 により支持される。

[0135] 次に、図 2 5 A 及び図 2 5 B に示されるように、本体ユニット 1 4 0 を X 方向に移動する。図 2 1 A 及び図 2 1 B を参照して上述したのと同様に、図 2 5 A 及び図 2 5 B に示される本体ユニット 1 4 0 の横移動（ここでは例えば水平方向への移動（X 方向への移動））は、例えば、図 2 5 A 及び図 2 5 B において不図示の横移動ユニット 1 4 6 の第 1 横移動モータ 1 4 6 m a 及び第 2 横移動モータ 1 4 6 m b により実行されてもよい。こうして、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の横移動が完了する。鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、例えば第 1 鉄筋 R 1 3 及び第 1 鉄筋 R 1 5 上の走行を開始し、第 1 鉄筋 R 1 4 上の第 1 鉄筋 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 の交差箇所 c 1 2 の結束作業を行う。

[0136] 以上、鉄筋結束ロボット 1 0 0 が第 1 鉄筋 R 1 2 及び R 1 4 から第 1 鉄筋 R 1 3 及び第 1 鉄筋 R 1 5 に移動する場合を例に説明したが、例えば、複数の第 1 鉄筋 R 1 0 を隔てた先に移動することも可能である。この場合も、上記同様の方法により移動することができるし、あるいは、上記の移動方法を繰り返すことによりさらに長い距離の移動も可能である。また、複数の第 1 鉄筋 R 1 0 を隔てた先に移動する場合にも同様の方法により、センサユニット 1 3 0 の検出結果に基づき移動量を算出してもよい。

[0137] また、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、上記で説明した方法に限られず、他の方法により横移動を行ってもよく、その場合においても、本開示の実施形態における移動量の算出方法に従って、センサユニット 1 3 0 の検出結果に基づき鉄筋結束ロボット 1 0 0 の移動量を算出することが可能であり、本開示の実施形態における移動量の算出方法を用いることにより、鉄筋結束ロボット 1 0 0 の移動を円滑に進めることが可能である。

[0138] 上述してきたように、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、延伸方向が第 1 の方向（Y 方向）である複数の第 1 鉄筋 R 1 と、延伸方向が第 1 の方向（Y 方向）に交差する第 2 の方向（X 方向）であり第 1 鉄筋 R 1 と交差するように配置される複数の第 2 鉄筋 R 2 と、を含む鉄筋群 R 上を走行可能に構成される走行ユニット 1 2 1 と、少なくとも一つの第 1 鉄筋 R

10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20を検出可能に構成されるセンサユニット130と、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像を構成する複数の画素の画素値に基づき、センサユニット130により検出される少なくとも一つの第1鉄筋R10及び／または少なくとも一つの第2鉄筋R20の位置を算出するように構成される第1鉄筋判定部164a1及び／または第2鉄筋判定部164a2（本実施形態において、「鉄筋位置算出ユニット」ともいう。）を備える。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、センサユニット130の検出結果により生成される二次元画像に基づき第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置を算出することにより、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20の位置の算出プロセスを効率化することができる。従って、鉄筋結束ロボット100の鉄筋血相作業における鉄筋検出プロセスを効率化することができる。例えば、センサユニットの検出結果として、3次元データを用いて鉄筋の位置を算出する場合に比べ、二次元画像に基づいた計算を行うことにより、計算負荷を軽減することができる。

[0139] 鉄筋結束ロボット100を構成する種々のユニットの技術レベルの向上により、鉄筋結束作業の高速化や効率化が可能となってきた。鉄筋結束作業の高速化を実現するためには、鉄筋の検出や鉄筋の結束が行われる鉄筋同士の交差箇所の検出プロセスの高速化が望まれると考えられる。本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100により、鉄筋の検出プロセスの効率を向上することができるので、鉄筋結束作業の高速化に寄与できる。

[0140] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、例えば、延伸方向が第1の方向（Y方向）である複数の第1鉄筋R10と、延伸方向が第1の方向（Y方向）に交差する第2の方向（X方向）であり第1鉄筋R10と交差するように配置される複数の第2鉄筋R20と、を含む鉄筋群の第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差箇所c12を結束するように構成される鉄筋結束ユニット110と、第1鉄筋R10及び／または第2鉄筋R20上を走行可能に構成される走行ユニット121と、少なくとも一つの第1鉄

筋 R 1 0 及び／または少なくとも一つの第 2 鉄筋 R 2 0 を検出可能に構成され、互いに第 3 の方向（Y 方向）に沿って離間して配置される第 1 センサ 1 3 0 a 及び第 2 センサ 1 3 0 b と、少なくとも一つの第 1 鉄筋 R 1 0 及び／または少なくとも一つの第 2 鉄筋 R 2 0 を検出可能に構成され、互いに第 3 の方向（Y 方向）に交差する第 4 の方向（X 方向）に沿って離間して配置される第 3 センサ 1 3 0 c 及び第 4 センサ 1 3 0 d と、を備える。上述してきたように、鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、4 つのセンサ 1 3 0（第 1 センサ 1 3 0 a、第 2 センサ 1 3 0 b、第 3 センサ 1 3 0 c、及び第 4 センサ 1 3 0 d）を備えるので、例えば、上述のように、第 1 鉄筋 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 の交差箇所 c 1 2 の検出を効率良く行うことができる。交差箇所 c 1 2 の位置は、例えば、鉄筋結束ユニット 1 1 0 の近傍にセンサを設けることにより確認することも可能であるが、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が上下に移動するように構成されるので、近傍にセンサを設けにくいことがある。本開示の実施形態においては、鉄筋結束ユニット 1 1 0 の近傍にセンサを設けなくても、交差箇所 c 1 2 の位置を、4 つのセンサ 1 3 0 の検出結果に基づき推定することができる。

[0141] また、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、例えば、延伸方向が第 1 の方向（Y 方向）である複数の第 1 鉄筋 R 1 0 と、延伸方向が第 1 の方向（Y 方向）に交差する第 2 の方向（X 方向）である複数の第 2 鉄筋 R 2 0 と、を含む鉄筋群の第 1 鉄筋 R 1 0 と第 2 鉄筋 R 2 0 との交差箇所 c 1 2 を結束するように構成された鉄筋結束ユニット 1 1 0 と、第 1 鉄筋 R 1 0 及び／または第 2 鉄筋 R 2 0 上を走行可能に構成される走行ユニット 1 2 1 と、第 1 鉄筋 R 1 0 及び／または第 2 鉄筋 R 2 0 を検出可能に構成されるセンサユニット 1 3 0 と、走行ユニット 1 2 1 が走行する第 1 鉄筋 R 1 0 または第 2 鉄筋 R 2 0 から他の第 1 鉄筋 R 1 0 または他の第 2 鉄筋 R 2 0 に移動する場合に、センサユニット 1 3 0 により検出される第 1 鉄筋 R 1 0 または第 2 鉄筋 R 2 0 の位置情報に基づき、走行ユニット 1 2 1 の移動量を算出する移動量算出部 1 7 4 と、を備える。上述してきたように、本開示の実施

形態に係る鉄筋結束ロボット100は、例えば、センサユニット130の検出結果に基づき鉄筋結束ロボット100の移動先の鉄筋の位置を判断し、鉄筋結束ロボット100の走行ユニット121が走行する鉄筋の位置と、移動先の鉄筋の位置とに基づき、鉄筋結束ロボット100の移動量を算出することができる。例えば、鉄筋結束ロボット100が、鉄筋結束作業を行っていた鉄筋の端部に達した場合に、次に鉄筋結束作業を行う鉄筋に移動する場合に、センサユニット130による検出結果に基づき移動量を算出することができる。

[0142] 上述してきた本開示の実施形態においては、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が、互いに直交するように配置された鉄筋群において鉄筋結束ロボット100が第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12の鉄筋結束作業を行う場合を例に説明したが、本開示の実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20が非直交の関係にある場合にも用いられてもよい。

[0143] 図26は、本開示の他の実施形態に係る鉄筋結束ロボット200のZ方向下方（-Z方向）から見た模式的な図である。図26に示すように、本実施形態においては、第1鉄筋R10に対して、第2鉄筋R20が30°程度の角度で配置されている。本実施形態に係る鉄筋結束ロボット200は、鉄筋結束ロボット100と、第3センサ130c及び第4センサ130dの位置が異なる。鉄筋結束ロボット200の第3センサ130c及び第4センサ130dは、X方向に対して30°の傾きとなる直線上に存在するように配置されている。鉄筋結束ロボット200においては、第3センサ130c及び第4センサ130dを、第2鉄筋R20に合わせ、X方向から傾く方向に配置することにより、鉄筋結束ロボット100と同様の方法により第2鉄筋R20の検出が可能である。

[0144] このように、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の配置構成に応じて、第1センサ130a～第4センサ130dの配置を変更してもよい。第1センサ130a、第2センサ130b、第3センサ130c、及び／または第4

センサ１３０ｄの配置の変更は、例えば、結束作業の対象となる鉄筋群Ｒが配置された建設現場に応じて鉄筋結束作業を開始する前に手動または自動により調整してもよい。あるいは、鉄筋結束ロボット１００が走行を開始した後であっても、センサユニット１３０の検出結果に基づき第１鉄筋Ｒ１０及び第２鉄筋Ｒ２０の関係を判定し、判定結果に基づき第１センサ１３０ａ、第２センサ１３０ｂ、第３センサ１３０ｃ、及び／または第４センサ１３０ｄの配置を動的に変更してもよい。このとき、例えば、第１センサ１３０ａ～第４センサ１３０ｄを駆動可能なモータ等が設けられ、第１センサ１３０ａ～第４センサ１３０ｄの位置をモータの駆動により変更するように構成されていてもよい。

[0145] 以下、図２７Ａ～図３２を参照して、本開示の実施形態に係る結束装置１００において、結束動作に用いられるワイヤＷを引き出す構成について説明する。

[0146] 本実施形態に係る結束装置１００は、鉄筋結束ユニット１１０（本実施形態において、「結束機構」ともいう。）と、鉄筋結束ユニット移動部１６８ｍ（本実施形態において、「結束機構移動部」ともいう。）と、ワイヤ引き出し部（後述する第１ワイヤ引き出し部１１２及び第２ワイヤ引き出し部１４８）と、を備える。鉄筋結束ユニット１１０（結束機構）は、ワイヤＷを鉄筋Ｒの周囲に送り、鉄筋Ｒの周囲に送ったワイヤＷを振じり結束する。鉄筋結束ユニット移動部１６８ｍ（結束機構移動部）は、鉄筋結束ユニット１１０（結束機構）を鉄筋Ｒの結束を行う結束位置（後述する結束位置Ｐ１）と鉄筋Ｒから離れた退避位置（後述する退避位置Ｐ２）との間で移動させる。ワイヤ引き出し部は、リール１８０に巻かれたワイヤＷを引き出す。また、ワイヤ引き出し部は、鉄筋結束ユニット移動部１６８ｍ（結束機構移動部）による鉄筋結束ユニット１１０（結束機構）の移動と連動して、鉄筋結束ユニット１１０（結束機構）の移動方向にワイヤＷを引き出す。さらに、鉄筋結束ユニット移動部１６８ｍ（結束機構移動部）の動作で移動する鉄筋結束ユニット１１０（結束機構）の移動量に対し、ワイヤ引き出し部により引

き出されるワイヤWの量が多い。

[0147] 図27Aは、ワイヤを引き出す構成を説明するための本開示の実施形態に係る結束装置100を斜め上方向から見た図である。図27Bは、結束装置100を斜め前方から見た図である。図27A及び図27Bは、結束装置100の鉄筋結束ユニット110が第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差箇所c12の結束動作を完了した後の状態を示す。従って、図27A及び図27Bに示す例において、結束装置100の鉄筋結束ユニット110は、結束位置P1に存在する。

[0148] なお、本実施形態においては、結束位置P1は、鉄筋結束ユニット110が鉄筋Rの結束を行う位置であり、例えば、ワイヤ振り部114の少なくとも1部が鉄筋面（第1鉄筋R10と第2鉄筋R20とにより形成される面）をZ方向に跨ぐ位置であってもよい。本実施形態においては、結束位置P1として、このときのワイヤ振り部114の先端（-Z方向の端部）の位置を、図27A及び図27BにP1で示す。図27A及び図27Bに示されるように、ワイヤ振り部114の先端が、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20よりも-Z方向にある。

[0149] 同様に、図28Aは、ワイヤを引き出す構成を説明するための本開示の実施形態に係る結束装置100を斜め上方向から見た図であり、図28Bは、結束装置100を斜め前方から見た図である。図28A及び図28Bは、結束装置100の鉄筋結束ユニット110が結束位置P1において、第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差箇所c12の結束動作を完了した状態（図27A及び図27Bに示される状態）から、退避位置P2に退避している状態を示す。

[0150] 本実施形態においては、退避位置P2は、鉄筋結束ユニット110が鉄筋Rの結束を行わない位置であり、例えば、ワイヤ振り部114が鉄筋面（第1鉄筋R10と第2鉄筋R20とにより形成される面）をZ方向に跨いでいない位置であってもよい。本実施形態においては、退避位置P2として、このときのワイヤ振り部114の先端（-Z方向の端部）の位置を、図28A

及び図 28 B に P 2 で示す。図 28 A 及び図 28 B に示されるように、ワイヤ振り部 114 の先端が、第 1 鉄筋 R 10 及び第 2 鉄筋 R 20 よりも + Z 方向にある。なお、退避位置 P 2 はこれに限られない。例えば、ワイヤ振り部 114 の先端が鉄筋面より - Z 方向に位置する場合であっても、鉄筋結束ユニット 110 全体として、鉄筋 R の結束動作を実行しない状態（例えば、鉄筋結束ユニット 110 を鉄筋 R に対して Z 方向に相対的に移動しなければ結束動作を実行することができない状態）における鉄筋結束ユニット 110 を退避位置 P 2 としてもよいし、また、このときの鉄筋結束ユニット 110 の構成部材（ワイヤ振り部 114 等）の位置により、退避位置 P 2 が規定されてもよい。

[0151] さらに、図 29 A は、ワイヤを引き出す構成を説明するための、本開示の実施形態に係る結束装置 100 を斜め上方向から見た図であり、図 29 B は、結束装置 100 を斜め前方から見た図である。図 29 A 及び図 29 B は、結束装置 100 の鉄筋結束ユニット 110 が第 1 鉄筋 R 10 と第 2 鉄筋 R 20 との交差箇所 c 12 の結束動作を完了した状態（図 27 A 及び図 27 B に示される状態）から、退避位置 P 2 に退避し（図 28 A 及び図 28 B に示される状態）、その後、鉄筋結束ユニット 110 が - Z 方向に下降し、第 1 鉄筋 R 10 と第 2 鉄筋 R 20 との交差箇所の結束動作を開始する前の状態を示す。従って、図 29 A 及び図 29 B に示す例において、結束装置 100 の鉄筋結束ユニット 110 は、結束位置 P 1 に存在する。

[0152] 図 27 A 及び図 27 B に示されるように、結束装置 100 は、上記説明してきた構成に加え、さらに、鉄筋結束ユニット 110 のワイヤ振り部 114 と反対側の端部には、中継部 112 L を介して第 1 ワイヤ引き出し部 112（本実施形態において、「第 1 引き出し部」ともいう。）が設けられている。中継部 112 L は、鉄筋結束ユニット移動部 168 m により移動される鉄筋結束ユニット 110 の移動を、第 1 ワイヤ引き出し部 112 に伝達する。より具体的には、鉄筋結束ユニット移動部 168 m により鉄筋結束ユニット 110 が、+ Z 方向または - Z 方向に移動され、鉄筋結束ユニット 110 に

設けられた中継部 112L は、鉄筋結束ユニット 110 の Z 方向の移動に連動して Z 方向に移動することにより、第 1 ワイヤ引き出し部 112 は鉄筋結束ユニット 110 に連動して Z 方向に移動する。従って、中継部 112L は、第 1 ワイヤ引き出し部 112 を鉄筋結束ユニット 110 の移動に連動させるリンク部材として機能する。また、第 1 ワイヤ引き出し部 112 には、ワイヤ W が係合可能に構成されている。また、後述するように、第 1 ワイヤ引き出し部 112 は、第 1 円筒面 112c を有する。本実施形態においては、第 1 ワイヤ引き出し部の第 1 円筒面 112c は、円筒面の一部であり、例えば半円筒面である。

[0153] 図 27A 及び図 27B に示されるように、本体ユニット 140（本実施形態において、「結束装置本体部」ともいう。）には、第 2 ワイヤ引き出し部 148（本実施形態において、「第 2 引き出し部」ともいう。）と、第 1 ガイド 149a 及び第 2 ガイド 149b とが設けられている。第 2 ワイヤ引き出し部 148 は、本体ユニット 140 の -Z 方向の面に対し、支持部材 148s を介して設けられている。従って、鉄筋結束ユニット 110 が移動しても、第 2 ワイヤ引き出し部 148 の位置は変わらない。すなわち、後に詳述するように、第 2 ワイヤ引き出し部 148 は、第 1 ワイヤ引き出し部 112 が鉄筋結束ユニット 110 の移動に伴い移動する際に、第 1 ワイヤ引き出し部 112 に対して相対的に移動する。

[0154] なお、本実施形態においては、第 2 ワイヤ引き出し部 148 は、本体ユニット 140 に固定されており、本体ユニット 140 に対して動かない構成を有する。しかしながら、第 2 ワイヤ引き出し部 148 は、この構成に限らず、本体ユニット 140 に対して動くことが可能な構成であってもよい。例えば、第 2 ワイヤ引き出し部 148 は、本体ユニット 140 に対して揺動可能な構成を有していてもよい。第 2 ワイヤ引き出し部 148 は、本体ユニット 140 に対して揺動可能な構成であっても、第 1 ワイヤ引き出し部 112 が鉄筋結束ユニット 110 の移動に伴い移動し、第 1 ワイヤ引き出し部 112 に対して相対的に移動することによりワイヤ W を引き出すことができれば完

全に固定されていなくてもよい。第2ワイヤ引き出し部148は、第1ワイヤ引き出し部112に対して相対的に移動することによりワイヤWを引き出すことが可能な範囲で、本体ユニット140に対して揺動可能に設けられていてもよい。

[0155] 第2ワイヤ引き出し部148は、第2円筒面148cを有する。図27Bに示されるように、本実施形態においては、第2ワイヤ引き出し部148は、円筒形のローラ部材である。また、第2ワイヤ引き出し部148は、ワイヤWに係合可能に構成されている。

[0156] 第1ガイド149a及び第2ガイド149bは、本体ユニット140の穴部144の内周面に設けられている。穴部144は、Z方向から見て略円形であり、第1ガイド149a及び第2ガイド149bは、穴部144の内周面がなす円の中心に対し、互いに反対側に配置されており、図示する例においては、第1ガイド149aは穴部144の内周面の+X方向且つ+Y方向の部分、第2ガイド149bは穴部144の内周面の-X方向且つ-Y方向の部分に、それぞれ配置されている。

[0157] 第1ガイド149a及び第2ガイド149bには、それぞれ、Z方向に延びる第1スリット149as及び第2スリット149bsが設けられている。鉄筋結束ユニット110には、第1係合部116a及び第2係合部116bが設けられており、第1係合部116aは第1スリット149asに係合され、第2係合部116bは第2スリット149bに係合されている。この構成により、鉄筋結束ユニット110は、Z方向に移動する際、第1係合部116aが第1スリット149aに係合し、第2係合部116bが第2スリット149bに係合した状態で移動する。すなわち、本体ユニット140に設けられた第1ガイド149a及び第2ガイド149bと、鉄筋結束ユニット110に設けられた第1係合部116a及び第2係合部116bとが係合する構成により、鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動がガイドされる。なお、後述するように、本実施形態に係る結束装置100においては、鉄筋結束ユニット110は、2つの第1係合部116a1及び116a2と、2

つの第2係合部116b1と第2係合部116b2とを有する。

[0158] 上述のように、図27A及び図27Bは、結束装置100が、鉄筋結束ユニット110による結束動作を完了した状態を示す。このとき、例えば図27Bに示されるように、第1ワイヤ引き出し部112と、第1ワイヤ引き出し部112に対して下側（-Z方向）に設けられている第2ワイヤ引き出し部148とに係合されたワイヤWは、比較的たるみが無い状態である。図27B結束装置100をY方向の斜め前から見た図であるが、第1ワイヤ引き出し部112及び本体ユニット140により見えないワイヤWを図27Bにおいては一点鎖線で示す。図27Bに示されるように、第1ワイヤ引き出し部112に係合され、第1ワイヤ引き出し部112の第1円筒面112cに沿って半円形に湾曲するワイヤWは、-Z方向にある第2ワイヤ引き出し部148にも係合され、第2ワイヤ引き出し部148の有するローラ部材の円筒面である第2円筒面148cに沿って湾曲する。

[0159] 結束装置100は、上述してきた図27A及び図27Bに示される状態で鉄筋結束ユニット110が結束位置P1において結束動作を完了した後、図28A及び図28Bに示されるように、鉄筋結束ユニット110が退避位置P2に移動する。図28A及び図28Bに示されるように、退避位置P2において、第1係合部116a（第1係合部116a1及び第1係合部116a2）と、第2係合部116b（第2係合部116b1及び第2係合部116b2）とは、それぞれ、第1ガイド149aと、第2ガイド149bとに沿って、+Z方向に上昇されている。また、鉄筋結束ユニット110の+Z方向への移動に連動して、中継部112Lを介して鉄筋結束ユニット110に設けられている第1ワイヤ引き出し部112も+Z方向に移動されている。一方、本体ユニット140に支持部材148sを介して設けられている第2ワイヤ引き出し部148は、鉄筋結束ユニット110がZ方向に移動しても、移動しない。すなわち、結束装置100における第2ワイヤ引き出し部148の位置は、結束位置P1と退避位置P2との間で変わらない。従って、第2ワイヤ引き出し部148は、第1ワイヤ引き出し部112が鉄筋結束

ユニット 110（結束機構）の移動に伴い移動する際に、第 1 ワイヤ引き出し部 112 に対して相対的に Z 方向に移動する。本実施形態においては、第 2 ワイヤ引き出し部 148 は、第 1 ワイヤ引き出し部 112 が鉄筋結束ユニット 110 の移動に伴い +Z 方向に移動する際に、第 1 ワイヤ引き出し部 112 に対して -Z 方向に相対的に移動する。

[0160] 図 28A 及び図 28B に示されるように、鉄筋結束ユニット 110 が退避位置 P2 にあるとき、第 1 ワイヤ引き出し部 112 は、図 27A 及び図 27B に示した鉄筋結束ユニット 110 が結束位置 P1 にあるときに比べ、+Z 方向に上昇されるので、第 1 ワイヤ引き出し部 112 と第 2 ワイヤ引き出し部 148 との距離が大きくなる。また、図 27A 及び図 27B と図 28A 及び図 28B とを比較するとわかるように、第 1 ワイヤ引き出し部 112 とリール 180 との Z 方向の距離も、鉄筋結束ユニット 110 が結束位置 P1 にあるときに比べ、鉄筋結束ユニット 110 が退避位置 P2 にあるときに大きくなる。また、図 27A 及び図 27B に示される状態に比べ、図 28A 及び図 28B に示される状態においては、第 2 ワイヤ引き出し部 148 と鉄筋結束ユニット 110 のワイヤ振り部 114 付近との Z 方向の距離も大きくなる。これに伴い、図 28A 及び図 28B に示される状態においては、第 1 ワイヤ引き出し部 112 と第 2 ワイヤ引き出し部 148 との間のワイヤ W の長さ、リール 180 b と第 1 ワイヤ引き出し部 112 との間のワイヤ W の長さ、及び第 2 ワイヤ引き出し部 148 とワイヤ振り部 114 付近との間のワイヤ W の長さは、いずれも、図 27A 及び図 27B に示される状態に比べ長くなる。

[0161] 図 27B と同様に、図 28B は、結束装置 100 を Y 方向の斜め前から見た図であるが、図 28B には、第 1 ワイヤ引き出し部 112、第 4 センサ 130 d、及び本体ユニット 140 により見えないワイヤ W が一点鎖線で示されている。図 28B に示されるように、第 1 ワイヤ引き出し部 112 に係合され、第 1 ワイヤ引き出し部 112 の第 1 円筒面 112 c に沿って半円形に湾曲するワイヤ W は、-Z 方向にある第 2 ワイヤ引き出し部 148 にも係合

され、第2ワイヤ引き出し部148の有するローラ部材の円筒面である第2円筒面148cに沿って湾曲する。図27B及び図28Bを参照して、上記の第1ワイヤ引き出し部112と第2ワイヤ引き出し部148との間のワイヤWの長さ、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さ、及び第2ワイヤ引き出し部148とワイヤ振り部114付近との間のワイヤWの長さが、鉄筋結束ユニット110が結束位置P1から退避位置P2に移動することにより長くなることがより具体的に示される。

[0162] すなわち、図28A及び図28Bに示される状態においては、第1ワイヤ引き出し部112と第2ワイヤ引き出し部148との間の距離は、鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動に伴い、図27A及び図27Bに示される状態に比べ、鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動距離に相当する距離の分長くなる。同様に、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間の距離も、鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動距離に相当する距離の分長くなり、また、第2ワイヤ引き出し部148とワイヤ振り部114付近との間の距離も、鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動距離に相当する距離の分長くなる。以上より、図28A及び図28Bに示される状態においては、第1ワイヤ引き出し部112と第2ワイヤ引き出し部148との間のワイヤWの長さ、及び第2ワイヤ引き出し部148とワイヤ振り部114付近との間のワイヤWの長さは、例えば、いずれも、図27A及び図27Bに示される状態に比べ、鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動距離に相当する長さの分について長くなる。

[0163] なお、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さは、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との配置関係により、第1ワイヤ引き出し部112及び第2ワイヤ引き出し部148との相対的な移動に伴う変化量は異なり得る。例えば、鉄筋結束ユニット110が結束位置P1にある場合に、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112とが比較的近接し、鉄筋結束ユニット110の結束位置P1から退避位置P2への移動に伴い、第1ワイヤ引き出し部112がリール180bに対し、Z方

向または略Z方向に移動する場合、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さの変化量は、比較的大きく、例えば鉄筋結束ユニット110のZ方向への移動量に近くなる。一方、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112とは、鉄筋結束ユニット110が結束位置P1から退避位置P2へ移動する際に、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さの変化が比較的小さくとなるような位置関係で設けられている場合には、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さは、鉄筋結束ユニット110が結束位置P1から退避位置P2へ移動しても比較的小さく変化する。例えば、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112とが、X方向に比較的離間して設けられている場合には、ワイヤWは、既にリール180bと第1ワイヤ引き出し部112との距離の分、X方向に引き出されているので、第1ワイヤ引き出し部112がリール180bに対してZ方向に相対的に移動しても、第1ワイヤ引き出し部112のZ方向への移動分の全量がワイヤWの引き出し量として引き出されることにはならない。従って、この場合、引き出されるワイヤWの長さは比較的小さい。

[0164] 鉄筋結束ユニット110による結束動作においてワイヤWが使用された後、ワイヤ振り部114による振り箇所を残してワイヤWは不図示のワイヤカッター等を用いて切断され、切断箇所付近はワイヤ振り部114において把持されている。従って、鉄筋結束ユニット110が結束位置P1から退避位置P2に移動することより長くなった分のワイヤWは、リール180より新たに引き出される。すなわち、ワイヤWは、第1ワイヤ引き出し部112にワイヤWの一部に係合され、第2ワイヤ引き出し部148にワイヤWの他の一部に係合された状態で、鉄筋結束ユニット110（結束機構）の移動に伴い第1ワイヤ引き出し部112が第2ワイヤ引き出し部148に対して移動することにより、リール180から引き出される。

[0165] リール180から新たに引き出されるワイヤWは、第1ワイヤ引き出し部112と第2ワイヤ引き出し部148との間のワイヤWの長さ、リール18

0 bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さ、及び第2ワイヤ引き出し部148とワイヤ振り部114付近との間のワイヤWの長さの合計またはそれ以上の長さに相当する。上述のように、第1ワイヤ引き出し部112と第2ワイヤ引き出し部148との間のワイヤWの長さ、及び第2ワイヤ引き出し部148とワイヤ振り部114付近との間のワイヤWの長さは、例えば、いずれも、鉄筋結束ユニット110のZ方向の移動距離に相当する長さの分について長くなる。すなわち、新たに引き出されるワイヤWの量は、鉄筋結束ユニット110の移動量の2倍またはそれ以上となる。

[0166] 従って、鉄筋結束ユニット移動部168m（結束機構移動部）の動作で移動する鉄筋結束ユニット110（結束機構）の移動量に対し、ワイヤ引き出し部（第1ワイヤ引き出し部112及び第2ワイヤ引き出し部148）により引き出されるワイヤWの量は多くなり、本実施形態においては例えば、鉄筋結束ユニット110の移動量の2倍以上の量のワイヤWがワイヤ引き出し部によりリール180から引き出される。鉄筋結束ユニット110の移動量には、鉄筋結束ユニット110の移動距離が含まれてもよい。引き出されるワイヤWの量には、引き出されるワイヤWの距離が含まれてもよい。

[0167] 例えば、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さの変化が、比較的大きく、例えば鉄筋結束ユニット110のZ方向への移動量に近い場合には、新たに引き出されるワイヤWの量は、鉄筋結束ユニット110の移動量の2倍以上となり、例えば3倍となる。他方、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さの変化量（例えばZ方向の変化量）が比較的小さい場合には、新たに引き出されるワイヤWの量は、鉄筋結束ユニット110の移動量の2倍に近くなる。例えば、リール180bと第1ワイヤ引き出し部112との間のワイヤWの長さの変化が、鉄筋結束ユニット110のZ方向への移動量の0.4倍であった場合には、新たに引き出されるワイヤWの量は、鉄筋結束ユニット110の移動量の2.4倍となる。

[0168] なお、これらの引き出されるワイヤWの量は例示であり、新たに引き出さ

れるワイヤWの量は、他の要因により他の大きさとなり得る。例えば、ワイヤWのリール180への巻き付けられる強度や、第1ワイヤ引き出し部112及び／または第2ワイヤ引き出し部148によるワイヤWを引き出す速度及び／または強度等により、新たに引き出されるワイヤWの量は他の大きさとなり得ることがあり、従って、新たに引き出されるワイヤWの量の、鉄筋結束ユニット110の移動量に対する大きさも上述の2倍や3倍以外の値となり得る。

[0169] 結束装置100においては、図28A及び図28Bに示されるように鉄筋結束ユニット110が退避位置P2に移動した後、図29A及び図29Bに示されるように、鉄筋結束ユニット110が結束位置P1に移動する。例えば、結束装置100は、鉄筋結束ユニット110が退避位置P2にある状態で、次の結束動作を行う第1鉄筋R10と第2鉄筋R20との交差箇所c12付近に移動し、鉄筋結束ユニット110を結束位置P1に降下させる。

[0170] 図29A及び図29Bに示されるように、鉄筋結束ユニット110が退避位置P2に移動し第1ワイヤ引き出し部112及び第2ワイヤ引き出し部148によりワイヤWが引き出された後、結束位置P1に下降することにより、ワイヤWの一部がたるむ。具体的には、第1ワイヤ引き出し部112、第4センサ130d、及び本体ユニット140により見えないワイヤWが一点鎖線で示される図29Bと、図28Bとを参照して、ワイヤWのうち、第1ワイヤ引き出し部112とリール180との間の部分、第1ワイヤ引き出し部112に係合する部分、及び第1ワイヤ引き出し部112と本体ユニット140との間の部分や、本体ユニット140と第2ワイヤ引き出し部148との間の部分にたるみが生じる。ワイヤWのうちたるみとなっている部分は、新たに引き出されたワイヤWに相当し、たるんだワイヤWの一部または全部が、鉄筋結束ユニット110による次の結束動作に利用される。

[0171] なお、新たに引き出されるワイヤWの量は、例えば、鉄筋結束ユニット110の移動量の5倍以下であってもよい。後述するように、鉄筋結束ユニット110が退避位置P2に移動した後、再び結束動作を開始する前に結束位

置P 1 に下降すると、例えば引き出されたワイヤWの量に相当する分、ワイヤWにたるみが生じる。たるみの量が大き過ぎると結束装置100の構成部材の一部に引っかかる、あるいはワイヤWに結束動作を実行するのに必要な大きさの張力以下の張力しかかからない等に起因して結束動作を適切に行うことができない可能性がある。鉄筋結束ユニット110の移動量の5倍以下の量のワイヤWを引き出す構成であれば、結束動作を適切に行うことができる。

[0172] 本実施形態においては、図28Bに示されるように、第2ワイヤ引き出し部148の位置が、鉄筋結束ユニット110の退避位置P2において、ワイヤ振り部114より下側（-Z方向）となる。すなわち、鉄筋結束ユニット110（結束機構）が退避位置P2に存在する時、第1ワイヤ引き出し部112と第2ワイヤ引き出し部148との距離（Z方向の距離）は、第1ワイヤ引き出し部112とワイヤ振り部114との距離より大きくなる。

[0173] なお、第2ワイヤ引き出し部148とワイヤ振り部114との関係は、鉄筋結束ユニット110の位置により変わり得る。例えば、鉄筋結束ユニット110の位置が結束位置P1である場合、図27Bや図29Bに示されるように、第2ワイヤ引き出し部148の位置は、ワイヤ振り部114より上側（+Z方向）となる。すなわち、鉄筋結束ユニット110（結束機構）が結束位置P1に存在する時、第1ワイヤ引き出し部112と第2ワイヤ引き出し部148との距離（Z方向の距離）は、第1ワイヤ引き出し部112とワイヤ振り部114との距離より小さくなる。

[0174] 以下、第1ワイヤ引き出し部112について具体的に説明する。図30Aは、結束装置100の上面図であり、図30Bは、結束装置100を斜め上から見た図である。図30Bは、結束装置100を+X方向且つ-Y方向の斜め上から見た図である。なお、図30A及び図30Bは、いずれも、鉄筋結束ユニット110が退避位置P2にある場合の結束装置100を示す。

[0175] 図30A及び図30Bに示されるように、第1ワイヤ引き出し部112の形状は、+Z方向から見て、-Y方向の辺が小さく、+Y方向の辺が大きい

台形のような形状である。また、第1ワイヤ引き出し部112の-Y方向及び+Y方向の部分には、それぞれ、穴部112h1及び穴部112h2が設けられている。穴部112h1は、台形状の第1ワイヤ引き出し部112の小さいほうの辺に設けられ、穴部112h2は、台形状の第1ワイヤ引き出し部112の大きいほうの辺に設けられる。従って、図30Aに示されるように穴部112h1のY方向の長さは、穴部112h2より短くなるように設けられている。

[0176] 本実施形態に係る結束装置100においては、リール180として、2つのリール180a及びリール180bが設けられている。また、2つのリール180a及びリール180bから、それぞれワイヤW（ワイヤWa及びワイヤWb（例えば図31A））を引き出し、2本のワイヤWにより鉄筋結束ユニット110による結束動作が行われる。リール180aとリール180bとからそれぞれ引き出されたワイヤWは、比較的小さい穴部112h1を通過されるように引き出されることにより、互いに近接する。従って、後の鉄筋結束ユニット110による、2本のワイヤWを用いた結束動作において、2本のワイヤWをまとめて結束に用いやすくすることができる。

[0177] 他方、まとめられた2本のワイヤWは、その後、もう一方の穴部112h2を通過してワイヤ振り部114に誘導される。穴部112h2を比較的に長く設けることにより、穴部112h2を通過するワイヤWの穴部112h2内での移動度を比較的大きくすることができ、例えば、鉄筋結束ユニット110が移動する際のワイヤWへの負荷の発生を低減することができる。

[0178] なお、第1ワイヤ引き出し部112において、ワイヤWを穴部112h1や穴部112h2を通過する構成とすることにより、図29A及び図29Bを参照して説明した、鉄筋結束ユニット110が結束位置P1にあり、また、ワイヤWがたるんでいる場合においても、たるんだワイヤWが第1ワイヤ引き出し部112に係合された状態を維持することができる。

[0179] 図30Bに示されるように、本体ユニット140の穴部144には、切り欠き部144rが設けられていてもよく、本実施形態においては、穴部11

2 h 2 を通過したワイヤWは、切り欠き部 1 4 4 r を通って鉄筋結束ユニット 1 1 0 のワイヤ振り部 1 1 4 のほうに誘導される。また、本実施形態においては、図 3 0 B に示されるように、第 1 ワイヤ引き出し部 1 1 2 を円筒面 1 1 2 c とすることにより、ワイヤWの第 1 ワイヤ引き出し部 1 1 2 に係合される部分は円筒面 1 1 2 c に沿って湾曲されるので、ワイヤWにかかる負荷を軽減することができる。

[0180] 以下、図 3 1 A 及び図 3 1 B を参照して、リール 1 8 0 a 及びリール 1 8 0 b と、第 1 ワイヤ引き出し部 1 1 2 と、第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 との関係及び構成を説明する。図 3 1 A 及び図 3 1 B は、結束装置 1 0 0 を部分的に取り出して示す図である。図 3 1 A は、リール 1 8 0 a 及びリール 1 8 0 b と、第 1 ワイヤ引き出し部 1 1 2 と、第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 等を取り出して－Y 方向から見た図である。図 3 1 B は、リール 1 8 0 a 及びリール 1 8 0 b と、第 1 ワイヤ引き出し部 1 1 2 と、第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 とを斜め上から見た図である。

[0181] 図 3 1 A 及び図 3 1 B に示されるように、リール 1 8 0 a から引き出されたワイヤW a と、リール 1 8 0 b から引き出されたワイヤW b とは、第 1 ワイヤ引き出し部 1 1 2 の穴部 1 1 2 h 1 を通過するように引き出され、互いに近接される。その後、ワイヤW a とワイヤW b とは、ほぼ一体となって、本体ユニット 1 4 0 の切り欠き部 1 4 4 r を通過し、第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 へと誘導される。第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 に係合し、第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 のローラ部材の円筒面 1 4 8 c に沿って誘導されるワイヤW a 及びワイヤW b は、鉄筋結束ユニット 1 1 0 に設けられたワイヤ挿入口 1 1 8 より鉄筋結束ユニット 1 1 0 内へと誘導される。ワイヤ挿入口 1 1 8 を介して鉄筋結束ユニット 1 1 0 内に誘導されたワイヤW a 及びワイヤW b は、ワイヤ振り部 1 1 4 による結束動作に利用される。

[0182] 図 3 2 は、図 3 1 A に示される第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 付近を拡大して示す側面図である。図 3 2 に示されるように、第 2 ワイヤ引き出し部 1 4 8 のローラ部材は、ローラ支持部材 1 4 8 f に対し、回転可能に設けられて

いる。図32に示されるように、ローラ部材の円筒面148cと、ローラ支持部材148fの間には間隙148gが生じるようにローラ支持部材148fに対して第2ワイヤ引き出し部148のローラ部材が設けられており、第2ワイヤ引き出し部148へと誘導されるワイヤWa及びワイヤWbは、間隙148gを通過するように構成される。

[0183] 図32に示されるように、ローラ支持部材148fは、第2ワイヤ引き出し部148のローラ部材の回転中心である回転軸148aに対して、+Z方向及び-Z方向からそれぞれ覆うように設けられた第1支持部148f1及び第2支持部148f2を有する。従って、図32に示されるように、間隙148gは、第2ワイヤ引き出し部148のローラ部材の円筒面148c（円筒面148cのうち、-Z方向にある部分）と、第2支持部148f2との間に生じる間隙に相当する。間隙148gは、ワイヤWに係合する面である円筒面148cに対して、第2支持部148f2により-Z方向が閉じられているので、間隙148gを通り第2ワイヤ引き出し部148に係合するワイヤWは、Z方向に外れることなく第2ワイヤ引き出し部148に係合された状態を維持することができる。

[0184] なお、例えば、上述の説明において参照した図31Bに示されるように、第1ワイヤ引き出し部112の穴部112h1及び穴部112h2についても、第1ワイヤ引き出し部112の円筒面112cの、-Y方向及び+Y方向にそれぞれ設けられた第1壁部112w1及び第2壁部112w2により、穴部112h1及び穴部112h2の-Y方向及び+Y方向が、それぞれ、閉じられている。従って、第1ワイヤ引き出し部112に係合されるワイヤW（ワイヤWa及びワイヤWb）は、-Y方向及び+Y方向に外れることなく第1ワイヤ引き出し部112に係合された状態を維持することができる。

[0185] このように、ワイヤWa及びワイヤWbが第1ワイヤ引き出し部112の穴部112h1及び穴部112h2を通過するように構成し、及び／またはワイヤWa及びワイヤWbが間隙148gを通過するように構成することに

より、例えば鉄筋結束ユニット110が結束位置P1に移動し、ワイヤWa及びワイヤWbがたるむ場合にも、ワイヤWa及びワイヤWbは第1ワイヤ引き出し部112及び／または第2ワイヤ引き出し部148に係合された状態を維持することができる。

[0186] また、第1ワイヤ引き出し部112の円筒面112cについて上述したのと同様に、第2ワイヤ引き出し部148についても円筒面148cを有する構成とすることにより、ワイヤWのうち、第2ワイヤ引き出し部148に係合する部分に対しかかる負荷を軽減することができる。特に、鉄筋Rの結束に用いられるワイヤWとして、比較的剛性の高いワイヤWを使用する場合、ワイヤWを湾曲させるためには比較的大きな力をかける必要があるが、第1円筒面112cや第2円筒面148cのように、第1ワイヤ引き出し部112や第2ワイヤ引き出し部148を、円筒面を有する構成とすることにより、ワイヤWを湾曲させやすくすることができる。

[0187] なお、本実施形態においては、第1円筒面112cの曲率半径は第2円筒面148cの曲率半径より大きくなるように構成されている。第1円筒面112cは、リール180a及びリール180bから引き出された直後のワイヤWa及びワイヤWbに係合されるので、第2円筒面148cに比べ、ワイヤWa及びワイヤWbを誘導するのに大きな力が必要となることがある。第1円筒面112cの曲率半径は第2円筒面148cの曲率半径より大きくなるように構成することにより、ワイヤWa及びワイヤWbを、第1円筒面112cを介して比較的容易に誘導することができる。

[0188] 以上、具体例を参照しつつ本実施形態について説明した。しかし、本開示はこれらの具体例に限定されるものではない。これら具体例に、当業者が適宜設計変更を加えたものも、本開示の特徴を備えている限り、本開示の範囲に包含される。前述した各具体例が備える各要素およびその配置、条件、形状などは、例示したものに限定されるわけではなく適宜変更することができる。前述した各具体例が備える各要素は、技術的な矛盾が生じない限り、適宜組み合わせを変えることができる。

[0189] 本出願は、2023年1月20日出願の日本特許出願（特願2023-007172）、2023年1月20日出願の日本特許出願（特願2023-007174）、2023年1月20日出願の日本特許出願（特願2023-007176）、2023年1月20日出願の日本特許出願（特願2023-007177）、2023年1月20日出願の日本特許出願（特願2023-007182）、2023年1月20日出願の日本特許出願（特願2023-007187）、および、2023年8月10日出願の日本特許出願（特願2023-131097）に基づくものであり、その内容は本出願の中に参照として援用される。

### 産業上の利用可能性

[0190] 本開示に係る結束装置は、簡易な構成によりワイヤを引き出すことができる。

### 符号の説明

- [0191] 100、200 鉄筋結束ロボット（結束装置）
- 110 鉄筋結束ユニット（結束機構）
  - 112 第1ワイヤ引き出し部（第1引き出し部、ワイヤ引き出し部）
  - 112c 第1円筒面
  - 112L 中継部
  - 114 ワイヤ振り部
  - 120 移動ユニット
  - 121 走行ユニット
  - 130 センサユニット
  - 140 本体部（本体ユニット）
  - 148 第2ワイヤ引き出し部（第2引き出し部、ワイヤ引き出し部）
  - 148c 第2円筒面
  - 160 制御部（制御ユニット）
  - 168m 鉄筋結束ユニット移動部（結束機構移動部）
  - 180 リール

P 1 結束位置

P 2 退避位置

R 1 O 第 1 鉄筋

R 2 O 第 2 鉄筋

W、W a、W b ワイヤ

### 請求の範囲

- [請求項1]       ワイヤを鉄筋の周囲に送り、鉄筋の周囲に送ったワイヤを振じり結束する結束機構と、
- 前記結束機構を鉄筋の結束を行う結束位置と鉄筋から離れた退避位置との間で移動させる結束機構移動部と、
- リールに巻かれたワイヤを引き出すワイヤ引き出し部と、を備え、
- 前記ワイヤ引き出し部は、前記結束機構移動部による前記結束機構の移動と連動して、前記結束機構の移動方向に前記ワイヤを引き出し、
- 前記結束機構移動部の動作で移動する前記結束機構の移動量に対し、前記ワイヤ引き出し部により引き出される前記ワイヤの量が多い、結束装置。
- [請求項2]       前記ワイヤ引き出し部は、前記結束機構の移動を前記ワイヤ引き出し部に伝達する中継部を含む、
- 請求項1に記載の結束装置。
- [請求項3]       前記ワイヤ引き出し部は、
- 前記ワイヤが係合可能に構成され、前記中継部に設けられることにより、前記結束機構の移動に伴い移動する第1引き出し部と、
- 前記ワイヤが係合可能に構成され、前記第1引き出し部が前記結束機構の移動に伴い移動する際に、前記第1引き出し部に対して相対的に移動する第2引き出し部と、を含み、
- 前記ワイヤは、前記第1引き出し部に前記ワイヤの一部が係合され、前記第2引き出し部に前記ワイヤの他の一部が係合された状態で、前記結束機構の移動に伴い前記第1引き出し部が前記第2引き出し部に対して移動することにより、前記リールから引き出される、
- 請求項2に記載の結束装置。
- [請求項4]       前記ワイヤ引き出し部により引き出される前記ワイヤの量は、前記結束機構移動部の動作で移動する前記結束機構の移動量の2倍以上5

倍以下である、

請求項 1 に記載の結束装置。

[請求項5] 前記第 2 引き出し部は、前記結束装置の本体部である結束装置本体部に設けられる、

請求項 3 に記載の結束装置。

[請求項6] 前記第 1 引き出し部は、第 1 円筒面を有し、  
前記第 2 引き出し部は、第 2 円筒面を有し、  
前記第 1 円筒面の曲率半径は、前記第 2 円筒面の曲率半径より大きい、

請求項 3 に記載の結束装置。

[請求項7] 前記結束機構の一端に、前記中継部が設けられ、  
前記結束機構の他端に、前記鉄筋の周囲に送られたワイヤを振るワイヤ振り部が設けられ、

前記結束機構が前記退避位置に存在する時、

前記第 1 引き出し部と前記第 2 引き出し部との距離は、前記第 1 引き出し部と前記ワイヤ振り部との距離より大きい、

請求項 3 に記載の結束装置。