

明 細 書

発明の名称：鉄筋結束装置

技術分野

[0001] 本発明は、鉄筋結束装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、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に開示された技術においては、結束機本体（結束機構）を移動させるときには、規制構造によって第1固定部に対する第2固定部の相対変位を規制する。これにより、ロボット本体の接続部に対する結束機本体の相対位置を固定し、結束機本体を目的の位置に正確に配置する。一方で、結束工程では、規制構造による規制を解除する。これにより、反動位置ズレ吸収部材が結束に伴う結束機本体の反動及び鉄筋と結束機の位置ズレを吸収し、ロボット本体への負荷を軽減する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2021-49568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に記載の技術においては、結束機本体が鉄筋に当接するときの位置が安定しにくいという課題があった。

[0005] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、結束機構を目的の位置に正確に配置し、かつ、結束機構が鉄筋に当接するときの位置を安定させることができる鉄筋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

[0006] 本開示の一態様は、鉄筋を結束する結束部と、結束部を保持する保持部と、保持部を本体部に対して昇降させる昇降部と、を備え、昇降部は、保持部

に連結された連結部と、連結部を移動させる駆動部と、を含み、連結部は、係合部を有し、保持部は、係合部に係合する被係合部を有し、駆動部は、結束部が鉄筋に当接した状態において連結部を移動させ、係合部を被係合部に対して移動させ、被係合部に対する係合部の係合を解除する鉄筋結束装置を提供する。

[0007] 本開示の他の一態様は、鉄筋を結束する結束部と、結束部を保持する保持部と、保持部を本体部に対して昇降させる昇降部と、保持部の下降方向への移動速度を減衰させる弾性部とを備え、弾性部は、結束部が鉄筋に当接した状態においてのみ保持部の下降方向への移動速度を減衰する鉄筋結束装置を提供する。

[0008] 本開示の他の一態様は、鉄筋を結束する結束部と、結束部を保持する保持部と、保持部に連結された連結部と、連結部を駆動することにより保持部及び結束部を昇降可能に制御する制御部とを備え、連結部は、保持部と係合するための係合部を有する鉄筋結束装置であって、制御部は、保持部と係合部とが係合した状態で保持部と係合部とを共に下降させて結束部を鉄筋に当接させる第1動作と、結束部が鉄筋に当接した状態で、係合部を保持部に対して移動させて保持部と係合部との係合を解除させる第2動作とを実行可能に構成されている鉄筋結束装置を提供する。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、結束機構を目的の位置に正確に配置し、かつ、結束機構が鉄筋に当接するときの位置を安定させることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [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、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図13B]図13Bは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図13C]図13Cは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図14A]図14Aは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図14B]図14Bは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図14C]図14Cは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図15A]図15Aは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図15B]図15Bは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図15C]図15Cは、鉄筋結束ロボット100の動作を説明するための図である。

[図16]図16は、本開示の一実施例である鉄筋結束ロボット100の変形例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 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。

[0012] 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。

- [0013] 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。
- [0014] 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。
- [0015] 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との間の角が、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。

[0016] 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、端部を有していてもよい。

[0017] 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。

[0018] 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。

[0019] 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。

[0020] 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。例えば、Y方向から数度～数十度の角度の方向に進行してもよく、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の向きが傾いた場合でも、第1鉄筋R10上をほぼ追従するように進行することにより、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の結束動作を実行することが可能である。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。

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] 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。

[0024] 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。

[0025] 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 1 2 1 c の間に配置されてもよく、同様に、第 4 センサ 1 3 0 d は、第 3 の方向（Y 方向）において第 2 走行ユニット 1 2 1 b 及び第 4 走行ユニット 1 2 1 d の間に配置されてもよい。

[0026] また、例えば、第 1 センサ 1 3 0 a を構成するカメラは、下面視において、第 1 走行ユニット 1 2 1 a を構成する第 1 ローラ部 1 2 2 a の回転軸 1 2 8 a と、第 2 走行ユニット 1 2 1 b を構成する第 2 ローラ部 1 2 2 b の回転軸 1 2 8 b とを通過する直線上、または回転軸 1 2 8 a と回転軸 1 2 8 b とを通過する直線よりも前方（図 4 において +Y 方向）に配置されてよい。同様に、第 2 センサ 1 3 0 b を構成するカメラは、下面視において、第 3 走行ユニット 1 2 1 c を構成する第 3 ローラ部 1 2 2 c の回転軸 1 2 8 c と、第 4 走行ユニット 1 2 1 d を構成する第 4 ローラ部 1 2 2 d の回転軸 1 2 8 d とを通過する直線上、または回転軸 1 2 8 c と回転軸 1 2 8 d とを通過する直線よりも後方（図 4 において -Y 方向）に配置されてよい。

[0027] また、図 3 や図 4 等にも示されるように、第 1 センサ 1 3 0 a は、本体ユニット 1 4 0 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 1 3 0 b は、本体ユニット 1 4 0 の Y 軸方向の後方（-Y 方向）に配置される。第 3 センサ 1 3 0 c 及び第 4 センサ 1 3 0 d は、それぞれ、本体ユニット 1 4 0 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 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 は、鉄筋結束ロボット 1 0 0 についての平面視において、第 1 走行ユニット 1 2 1 a、第 2 走行ユニット 1 2 1 b、第 3 走行ユニット 1 2 1 c、及び第 4 走行ユニット 1 2 1 d 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 1 2 1 a ~ 第 4 走行ユニット 1 2 1 d 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 1 3 0 a ~ 第 4 センサ 1 3 0 d 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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1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、鉄筋結束ユニット110を下降させ、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、鉄筋結束ロボット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。

[0031] 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。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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146a及び第2横移動モータ146b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146a及び146bにより、本体ユニット140を水平移動させてもよい。

[0035] 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の端部及び／または第2鉄筋R20の端部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。

[0036] 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の端部及び／または第2鉄筋R20の端部の位置の判定に用いられてもよい。

[0037] 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。

[0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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、本体ユニット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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

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。

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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ワイヤのリール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。

[0048] 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。

[0049] 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。

[0050] 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。

[0051] 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R14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の端部付近にある、または端部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の端部に限らず、端部に替えて、あるいは端に加えて、第1鉄筋R12の端部及び／または第1鉄筋R14の端部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、及び／または端部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。

[0052] 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。

[0053] 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の端部及び第1鉄筋R14の端部付近にある、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。

- [0054] 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。
- [0055] センサユニット130としては、例えば2次元または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。

- [0056] 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。
- [0057] 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。
- [0058] 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。
- [0059] 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。
- [0060] 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GPU (Graphical Processing Unit) を備えていてもよく、GPU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。

[0061] 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R10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R10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121cの第3ローラ部122cが第1鉄筋R12上にあり、第4走行ユニット121dの第4ローラ部122dが第1鉄筋R14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121bの第2ローラ部122bも第4走行ユニット121dの第4ローラ部122dと同様に、第1鉄筋R14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121aの第1ローラ部122aも、第3走行ユニット121cの第3ローラ部122c同様に第1鉄筋R12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R10に沿って走行する際に、例えば、ある第1鉄筋R10(第1鉄筋R12)と、ある第1鉄筋R12の2つ隣に配置された第1鉄筋R10(第1鉄筋R14)とを走行し、走行する第1鉄筋R12及び第1鉄筋R14との間に存在する第1鉄筋R10である第1鉄筋R13上に存在する、第1鉄筋R10及び第2鉄筋R20の交差箇所c12を結束する。

[0062] 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）。

[0063] ここで鉄筋結束ユニット110を本体ユニット140に対してZ方向に昇降させるための機構及び鉄筋結束ユニット110が下降する時の動作について詳細に説明する。

[0064] 図13A、図13B、及び図13Cは、鉄筋結束ユニット110が上方に退避している状態（「待機状態」と呼ばれる場合もある。）における鉄筋結束ユニット110を側方から見た図及び上方から見た斜視図である。

[0065] 同図に示されるように、鉄筋結束ロボット100は、鉄筋を結束する結束部129及び結束部129を保持する保持部112を備える鉄筋結束ユニット110を、本体ユニット140に対して昇降させるための昇降機構113（「昇降部」の一例）を備える。この昇降機構113は、鉄筋結束ユニット110の保持部112に連結された連結部119と、連結部119を移動させる駆動部127を有する。連結部119は保持部112と係合するための係合部（例えば可動軸115）を有し、一方で保持部112は、係合部（例えば可動軸115）と係合する被係合部（例えば孔部111）を有する。このような構成において結束部129が鉄筋R10に当接した状態で、駆動部127が連結部119を駆動すると、鉄筋R10のために移動が制限されている結束部129に対し、連結部119の係合部（例えば可動軸115）を相対的に移動させて、保持部112の被係合部（例えば孔部111）と係合部（例えば可動軸115）との係合を解除することが可能となる。すなわち、鉄筋結束ロボット100の制御ユニット160（「制御部」の一例）は、保持部112と係合部（例えば可動軸115）とが係合した状態で保持部1

１２と係合部（例えば可動軸１１５）とを共に下降させて結束部１２９を鉄筋Ｒ１０に当接させる第１動作と、結束部１２９が鉄筋Ｒ１０に当接した状態で、係合部（例えば可動軸１１５）を保持部１１２に対して移動させて保持部１１２と係合部（例えば可動軸１１５）との係合を解除させる第２動作とを実行可能に構成されている。このような孔部１１１は、係合部が係合する係合位置にあるときに、保持部１１２の昇降方向と交差する交差方向への保持部１１２の移動を規制し、かつ、係合部が係合位置から移動した位置にあるときに、交差方向への保持部１１２の移動を許容するから、位置規制部と呼ばれる場合がある。

[0066] 以下、具体的な構成について説明する。

[0067] 昇降機構１１３によって昇降する鉄筋結束ユニット１１０は、鉄筋結束ユニット１１０の下端に相当する部分であり、鉄筋を結束するためのワイヤを振るワイヤ振り部１１４を有し、鉄筋結束作業を実行するように構成される結束部１２９と、鉄筋結束ユニット１１０の結束部１２９より上方に相当する部分であり、結束部１２９を保持すると共に、鉄筋結束作業を実行するための知られた要素部品が搭載された保持部１１２とを備える。保持部１１２は、上下方向に延伸して設けられ、例えば上端部において連結部１１９と連結している。

[0068] ここで保持部１１２は、連結部１１９と係合（連結）するための被係合部（被連結部）を有している。本実施形態における保持部１１２は、被係合部として、連結部１１９の可動軸１１５と係合（連結）するための長孔１１１Ｈが形成された孔部１１１を備えている。孔部１１１は、後述する図１５Ｃに示されるように可動軸１１５の軸径（直径）と同一乃至わずかに大きい直径を有する円弧乃至半円が形成され、長孔１１１Ｈの上端に設けられる第１孔部１１１Ａと、第１孔部１１１Ａの下方に第１孔部１１１Ａと連続して設けられ、上端部を形成する円弧乃至半円の直径よりも大きい幅を有するように拡開して上下方向に延在する幅広の第２孔部１１１Ｂを有する。第２孔部１１１Ｂの幅は、第１孔部１１１Ａを近似する円弧の直径の例えば、１１０

%以上150%以下である。

- [0069] このような構成により、可動軸115が第1孔部111Aと係合している状態においては、可動軸115が第1孔部111Aにほぼ隙間なく挿通しているので、保持部112は、水平方向への移動が規制されている。
- [0070] 一方で可動軸115が保持部112に対して相対的に下方に移動して孔部111（第1孔部111A）との係合状態が解除された状態においては、可動軸115が第2孔部111Bに隙間を有して挿通しているので、保持部112は、水平方向への移動が相対的に緩和され、隙間の大きさ以下の範囲で水平方向へ移動可能に構成される。
- [0071] このため後述するように、保持部112に設けられる長孔111H内の可動軸115の相対的位置に応じて保持部112の水平方向の移動を規制することが可能となる。
- [0072] ただし第1孔部111Aは、可動軸115と隙間（第1隙間）を有するように形成され、第2孔部111Bは、可動軸115と第1隙間より大きい隙間（第2隙間）を有するように形成されてもよい。
- [0073] また、長孔111Hは、下方に進行するほど幅広となるような形状（例えば、テーパ形状）に形成されてもよい。
- [0074] 本実施形態において保持部112は、可動軸115の軸方向両端部において可動軸115とそれぞれ係合する長孔111Hがそれぞれ形成された一对の孔部111を備えている。
- [0075] 保持部112はさらに、孔部111が形成される板状部材を固定するための固定軸116を備えている。図13A及び図13Bに示されるように、本実施形態に係る固定軸116は、端部において保持部112の一部に固定された一对の円筒状のピンから構成される。
- [0076] 連結部119は、鉄筋結束ユニット110を昇降するために保持部112に連結され、駆動部127によって駆動される部材である。本実施形態に係る連結部119は、保持部112の被係合部となる孔部111と係合するための可動軸115と、可動軸115が連結するための一对の孔が形成された

第2リンク部材119Bと、駆動部127の出力軸127Aと連結することにより駆動部127によって回転駆動される第1リンク部材119Aと、第2リンク部材119Bと第1リンク部材119Aを回動可能に連結するピン部材119Cとを備える。

[0077] このため、第2リンク部材119Bにおける長手方向の第1端部は可動軸115に対して回動自在に連結され、第2リンク部材119Bにおける長手方向の第2端部は第1リンク部材119Aの長手方向の第1端部に対してピン部材119Cを介して回動自在に連結されている。また、第2リンク部材119Bにおける長手方向の第2端部に対して回動自在に連結される第1端部を有する第1リンク部材119Aにおける長手方向の第2端部は、駆動部127の出力軸127Aに対して連結されている。

[0078] したがって連結部119の第1リンク部材119Aは、駆動部127の出力軸127Aの回転駆動に伴って、出力軸127Aを中心に回転する。このため、第1リンク部材119Aの第1端部に接続する第2リンク部材119Bの第2端部は、出力軸127Aを中心とし、第1リンク部材119Aの長さを直径とする円周上を移動する。

[0079] 可動軸115は、保持部112に設けられる被係合部（長孔111H）と係合し、かつ、係合状態を解除するように、被係合部に対して相対的に移動（可動）可能な部材である。本実施形態の可動軸115は、上下方向（Z軸方向）と垂直な水平方向に離間して設けられる一对の孔部111の長孔111Hをそれぞれ貫通するように水平方向に延伸する円筒状に形成されるピンである。したがって可動軸115は、両端部において一对の孔部111の長孔111Hを貫通し、一对の長孔111Hで挟まれる領域において第2リンク部材119Bに形成された一对の孔を貫通するように設けられる。

[0080] 保持部112は常に重力によって下方へ向かう力が作用している一方で、可動軸115は保持部112に設けられる孔部111の長孔111Hに挿通される。このため待機状態において可動軸115は、長孔111Hの上端縁に相当する第1孔部111Aと係合した状態で保持部112を支持する。

- [0081] 第2リンク部材119Bは、待機状態において上下方向に延伸して設けられるリンク状に形成された部材であり、ピン部材119Cに連結する基端部と、基端部から二股に分かれて延伸し先端部において可動軸115が貫通する孔が形成された先端部とを備える。
- [0082] ピン部材119Cは、第2リンク部材119Bと第1リンク部材119Aを回動可能に連結する。このため状態において第2リンク部材119Bと第1リンク部材119Aの角度は状態に応じて変動する。同図に示されるように待機状態において、第2リンク部材119Bと第1リンク部材119Aとは同一方向である略上下方向に直線状に延伸する。このため第2リンク部材119Bの先端において第2リンク部材119Bに支持される可動軸115Bは、駆動部127の出力軸127Aから最も離れた位置に存在する。
- [0083] 第1リンク部材119Aは、駆動部127の出力軸127Aと連結されることにより、出力軸127Aの回転に従って回転するように構成されている。
- [0084] 駆動部127は、例えばバッテリー182を電源とし、モータ制御部178によって制御されるモータである。
- [0085] 本実施形態に係る鉄筋結束ロボット100はさらに、係合部である可動軸115を被係合部である孔部111の第1孔部111Aに係合させる上方に付勢する付勢部として圧縮ばねであるばね部材118を備える。本実施形態において、ばね部材118は、保持部112に固定されるばね受け部117によって下方から支持されて、可動軸115との間に挿入される。このため可動軸115は、待機状態において、被係合部である孔部111と接触するように上方に向かって付勢されている。なお、本実施形態に係る鉄筋結束ロボット100は、可動軸115の両端をそれぞれ付勢するために、一对のばね部材118及び一对のばね受け部117を備えている。ばね部材118は、可動軸115の下方への移動に伴って可動軸115と保持部112に固定されるばね受け部117との間で圧縮されることで、保持部112の下降方向への移動速度を減衰させる弾性部として機能する。言い換えると、ばね部

材 1 1 8 は保持部 1 1 2 の下降方向への移動速度を遅くする、または下げる。つまり、ばね部材 1 1 8 は可動軸 1 1 5 の移動速度よりも保持部 1 1 2 の移動速度を遅くする、または下げる。

[0086] 上記のような構成のもと、鉄筋結束ユニット 1 1 0 は上方に待機した状態で、第 1 鉄筋 R 1 0 上を走行する。鉄筋結束ロボット 1 0 0 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 に到達すると、鉄筋結束ユニット 1 1 0 を下降させて交差箇所 c 1 2 を結束する。続いて上記構成において鉄筋結束ユニット 1 1 0 を下降させるための動作について説明する。

[0087] 図 1 4 A 乃至図 1 4 C は、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が下降を開始し、第 1 鉄筋 R 1 0 に接触した直後の様子を示す斜視図及び側面図である。

[0088] これら図面に示すように、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が Z 方向に下降するために、まずモータ制御部 1 7 8 は、駆動部 1 2 7 の出力軸 1 2 7 A を回転させる。すると、第 1 リンク部材 1 1 9 A は、駆動部 1 2 7 の出力軸 1 2 7 A の回転の初期時には、駆動部 1 2 7 の出力軸 1 2 7 A に連結されている第 1 リンク部材 1 1 9 A の第 2 端部を中心として回転する。第 1 リンク部材 1 1 9 A の回転に伴って、第 1 リンク部材 1 1 9 A の第 1 端部と連結する第 2 リンク部材 1 1 9 B の第 1 端部は、待機状態における上方の位置から下方への移動を開始する。このため第 2 リンク部材 1 1 9 B の第 1 端部に連結する可動軸 1 1 5 も下方への移動を開始する。

[0089] 可動軸 1 1 5 の下方への移動に伴って可動軸 1 1 5 によって支持される保持部 1 1 2 も下方への移動を開始する。このとき可動軸 1 1 5 は、長孔 1 1 1 H の上端縁に相当する第 1 孔部 1 1 1 A と係合した状態で保持部 1 1 2 を支持しながら、保持部 1 1 2 と共に下降する第 1 動作を行う。

[0090] 図 1 4 A 乃至図 1 4 C に示されるように、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が下降して、結束部 1 2 9 が第 1 鉄筋 R 1 0 に当接したとき、第 1 リンク部材 1 1 9 A と第 2 リンク部材 1 1 9 B は鋭角をなす。

[0091] 続いて、鉄筋結束ユニット 1 1 0 の結束部 1 2 9 が第 1 鉄筋 R 1 0 に当接した後の第 2 動作について説明する。図 1 5 A 乃至 1 5 C は、結束部 1 2 9

が第1鉄筋R10に当接した後の第2動作について説明する斜視図及び側面図である。

[0092] 鉄筋結束ユニット110のモータ制御部178は、駆動部127の出力軸127Aをさらに回転させる。したがって、第1リンク部材119Aの第1端部は、駆動部127の出力軸127Aを中心とする円周上をさらに移動する。第1リンク部材119Aの第1端部の移動に伴って、第2リンク部材119Bの第2端部はさらに下方に移動しようとする。可動軸115の下方への移動に伴って可動軸115によって支持される保持部112も下方へ移動しようとする。しかしながら結束部129は第1鉄筋R10と当接しているため、保持部112は、可動軸115と共に下方へ移動することなく、第1鉄筋R10を下方へ押圧する。

[0093] したがって保持部112と可動軸115のうち、可動軸115のみが下方へ移動する。このため、保持部112の孔部111に対して可動軸115は相対的に下方へ移動する。その結果、可動軸115は、第1孔部111Aから第2孔部111Bに移動するので、可動軸115と孔部111（第1孔部111A）との係合は解除される。その結果、係合状態が解除されることとなるから、保持部112は、可動軸115と第2孔部111Bとの隙間の範囲内で、水平方向への移動が許容される。そのため、結束部129は、可動軸115が第2孔部111Bに位置するとき、固定軸116を中心として揺動可能に支持される。このとき、可動軸115はさらに下方に移動しているから、結束部129が第1鉄筋R10に当接したときよりも、第1リンク部材119Aと第2リンク部材119Bとはさらに小さな鋭角をなす。

[0094] このように第2動作においては、結束部129が第1鉄筋R10に当接した状態で可動軸115を保持部112に対して相対的に移動させることにより、保持部112と可動軸115との係合を解除することが可能となる。保持部112と可動軸115との係合を解除することにより、保持部112及び結束部129の水平方向（交差方向）への移動が許容乃至緩和される。このため、結束部129が、交差箇所c12からわずかにずれている場合であ

っても、結束動作中に結束部 1 2 9 が第 1 鉄筋 R 1 0 または第 2 鉄筋 R 2 0 に倣って水平方向へ移動することにより、交差箇所 c 1 2 に接近するように結束部 1 2 9 が移動しながら結束動作を行うことが可能となる。このため、鉄筋に当接後は結束部が水平方向へ全く移動できないために結束箇所（鉄筋の交差箇所）の位置が定まらない状態で結束せざるを得ない鉄筋結束機と比較して、結束部 1 2 9 を目的の位置に正確に配置し、かつ、結束部 1 2 9 が鉄筋に当接するときの位置を安定させることが可能となる。

[0095] なお、可動軸 1 1 5 がばね部材 1 1 8 によって付勢されている場合、可動軸 1 1 5 はばね部材 1 1 8 からの付勢力に抗して下方に移動する。このため、ばね部材 1 1 8 から保持部 1 1 2 を介して保持部 1 1 2 の重力より大きい力で鉄筋 R 1 0 を押圧した状態で結束することが可能となる。

[0096] 以上、可動軸 1 1 5 と固定軸 1 1 6 との間にばね部材 1 1 8 として圧縮ばねを設ける場合を例に挙げて説明したが、これに限られるものではなく、本発明は当業者の通常の創作能力の発揮内で種々変形可能である。例えば、圧縮ばねに替えて引張りばねを設けてもよい。図 1 6 は、ばね部材 1 1 8 として、引張りばね 1 1 8 α を設けた鉄筋結束装置 1 0 0 の変形例を示している。同図に示されるように、孔部 1 1 1 α （長孔 1 1 1 H α ）に挿通された可動軸 1 1 5 α の上方に固定軸 1 1 6 α を設け両者間に引張りばね 1 1 8 α を挿入してもよい。

[0097] このような変形例であっても、鉄筋結束ユニット 1 1 0 が鉄筋に当接した後に、引張りばね 1 1 8 α の付勢力に抗するように、可動軸 1 1 5 α を下方に移動させることにより、本実施形態と同様の効果を発揮することが可能となる。

[0098] なお、以上説明した各実施形態は、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。即ち、各実施形態に当業者が適宜設計変更を加えたものも、本発明の特徴を備えている限り、本発明の範囲に包含される。例えば、各実

施形態が備える各要素及びその配置、材料、条件、形状、サイズなどは、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。また、各実施形態は例示であり、異なる実施形態で示した構成の部分的な置換又は組み合わせが可能であることは言うまでもなく、これらも本発明の特徴を含む限り本発明の範囲に包含される。

[0099] 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2023-130997）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

[0100] 本開示に鉄筋結束装置は、結束機構を目的の位置に正確に配置し、かつ、結束機構が鉄筋に当接するときの位置を安定させることができる。

符号の説明

[0101] 100…鉄筋結束ロボット
110…鉄筋結束ユニット
111…孔部
111H…長孔
111A…第1孔部
111B…第2孔部
112…保持部
113…昇降機構
115…可動軸
115 α …可動軸

- 1 1 6 …固定軸
- 1 1 6 α …固定軸
- 1 1 7 …ばね受け部
- 1 1 8 …ばね部材
- 1 1 9 …連結部
- 1 1 9 A …第 1 リンク部材
- 1 1 9 B …第 2 リンク部材
- 1 1 9 C …ピン部材
- 1 2 7 …駆動部
- 1 2 7 A …出力軸

請求の範囲

- [請求項1] 鉄筋を結束する結束部と、
前記結束部を保持する保持部と、
前記保持部を本体部に対して昇降させる昇降部と、
を備え、
前記昇降部は、
前記保持部に連結された連結部と、
前記連結部を移動させる駆動部と、
を含み、
前記連結部は、係合部を有し、
前記保持部は、前記係合部に係合する被係合部を有し、
前記駆動部は、
前記結束部が前記鉄筋に当接した状態において前記連結部を移動させ、前記係合部を前記被係合部に対して移動させ、前記被係合部に対する前記係合部の係合を解除する、
鉄筋結束装置。
- [請求項2] 前記係合部を前記被係合部に係合させる方向に付勢する付勢部をさらに有する、
請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項3] 前記駆動部は、前記結束部が前記鉄筋に当接する位置まで前記連結部を移動させた後、前記連結部をさらに移動させ、前記被係合部に対する前記係合部の係合を解除する、
請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項4] 前記結束部が前記鉄筋に当接したことを検知する検知部をさらに備え、
前記駆動部は、前記結束部が前記鉄筋に当接したことが前記検知部により検知されたことを条件に、前記被係合部に対する前記係合部の係合を解除する、

請求項 1 に記載の鉄筋結束装置。

[請求項5] 前記連結部を前記保持部の昇降方向に沿うようにガイドするガイド部をさらに有する、

請求項 1 に記載の鉄筋結束装置。

[請求項6] 前記被係合部は、長孔状をなしており、
前記係合部が係合する第 1 孔部と、
前記第 1 孔部に連通し、前記保持部の昇降方向と交差する方向における幅寸法が前記第 1 孔部よりも大きい第 2 孔部と、
を含む、

請求項 5 に記載の鉄筋結束装置。

[請求項7] 前記ガイド部によりガイドされる被ガイド部をさらに有し、
前記結束部は、前記係合部が前記第 2 孔部に位置する場合、前記被ガイド部を中心として揺動可能に支持される、

請求項 6 に記載の鉄筋結束装置。

[請求項8] 鉄筋を結束する結束部と、
前記結束部を保持する保持部と、
前記保持部を本体部に対して昇降させる昇降部と、
前記保持部の下降方向への移動速度を減衰させる弾性部と
を備え、
前記弾性部は、前記結束部が前記鉄筋に当接した状態においてのみ
前記保持部の下降方向への移動速度を減衰する、
鉄筋結束装置。

[請求項9] 鉄筋を結束する結束部と、
前記結束部を保持する保持部と、
前記保持部に連結された連結部と、
前記連結部を駆動することにより前記保持部及び前記結束部を昇降可能に設けられた制御部と、を備え、
前記連結部は、前記保持部と係合するための係合部を有する鉄筋結

束装置であって、

前記制御部は、

前記保持部と前記係合部とが係合した状態で前記保持部と前記係合部とを共に下降させて前記結束部を鉄筋に当接させる第1動作と、

前記結束部が前記鉄筋に当接した状態で、前記係合部を前記保持部に対して移動させて前記保持部と前記係合部との係合を解除させる第2動作とを実行可能に構成されている鉄筋結束装置。

[請求項10] 前記係合部を前記保持部と係合する方向に付勢する付勢部をさらに有する、

請求項9に記載の鉄筋結束装置。

[請求項11] 前記保持部には、前記係合部が係合する係合位置にあるときに、前記保持部の昇降方向と交差する交差方向への前記保持部の移動を規制し、かつ、前記係合部が前記係合位置から移動した位置にあるときに、前記交差方向への前記保持部の移動を許容する位置規制部が設けられている、

請求項10に記載の鉄筋結束装置。

[請求項12] 鉄筋を結束する結束部と、
前記結束部を保持する保持部と、
前記保持部を本体部に対して昇降させる昇降部と、
前記保持部の下降方向への移動速度を遅くさせる弾性部と
を備え、
前記弾性部は、前記結束部が前記鉄筋に当接した状態においてのみ前記保持部の下降方向への移動速度を遅くする、
鉄筋結束装置。