

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には、V字型テーパ付きの駆動車輪の谷の部分縦方向に延伸する鉄筋に接触させることで、駆動車輪が鉄筋上を走行する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2019-39174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、鉄筋の延伸方向と交差する方向に斜めに走行することができず、施工する鉄筋のピッチに合わせて駆動車輪のトレッド幅を事前に調整する必要がある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、事前の調整を要することなく、互いにピッチが異なる複数の鉄筋上を走行す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、第1ピッチで配列される複数の鉄筋上を走行可能に構成され、かつ、第1ピッチよりも大きい第2ピッチで配列される複数の鉄筋上を走行可能に構成される鉄筋結束装置であって、鉄筋上を回転し、第2ピッチと第1ピッチの差より大きく第2ピッチの1.5倍と第1ピッチの0.

5倍との差分より小さい幅を有する第1車輪と、第1車輪とは異なる鉄筋上を回転し、第2ピッチと第1ピッチの差より大きく第2ピッチの1.5倍と第1ピッチの0.5倍との差分より小さい幅を有する第2車輪と、第1車輪及び第2車輪を回転駆動させる駆動部と、を備える。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、互いにピッチが異なる鉄筋を走行する場合であっても、事前の調整を要することなく、互いにピッチが異なる複数の鉄筋上を走行することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [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をY方向から見た正面図である。

[図13B]図13Bは、鉄筋結束ロボット100をY方向から見た正面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 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。

[0010] 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。

- [0011] 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。
- [0012] 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。
- [0013] 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

R 2 0 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 R 1 0 と第 2 鉄筋 R 2 0 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。

[0014] また、第 1 鉄筋 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 は、有限の長さを有しており、複数の第 1 鉄筋 R 1 0 または複数の第 2 鉄筋 R 2 0 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 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 は、端部を有していてもよい。

[0015] 鉄筋結束ユニット 1 1 0 は、第 1 鉄筋 R 1 0 と第 2 鉄筋 R 2 0 との交差箇所 c 1 2 (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 1 1 0 による第 1 鉄筋 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 の交差箇所 c 1 2 の結束動作については後に詳述する。

[0016] 図 1 及び図 2 に示すように、走行ユニット 1 2 1 は、4 つの走行ユニット 1 2 1 a、1 2 1 b、1 2 1 c、及び 1 2 1 d 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 1 2 1 は、鉄筋結束ロボット 1 0 0 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 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 は、それぞれ、第 1 ローラ部 1 2 2 a、第 2 ローラ部 1 2 2 b、第 3 ローラ部 1 2 2 c、及び第 4 ローラ部 1 2 2 d を有し、第 1 ローラ部 1 2 2 a、第 2 ローラ部 1 2 2 b、第 3 ローラ部 1 2 2 c、及び第 4 ローラ部 1 2 2 d が第 1 鉄筋 R 1 0 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 R 1 0 のいずれかの第 1 鉄筋 R 1 0 上を走行するように構成されている。

[0017] なお、本実施形態においては、走行ユニット 1 2 1 は、移動ユニット（後述の移動ユニット 1 2 0）の一例である。移動ユニット 1 2 0 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。

[0018] 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。

[0019] 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。

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] 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。

[0023] 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4の方向において第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く、同様に、第1センサ130aは、第1の方向（図3及び図4においてZ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く、同様に、第2センサ130bは、第2の方向（図3及び図4においてZ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。

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。

[0024] 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。

[0025] 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1 2 1 a～

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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 の交差箇所 c 1 2 に到達した際に、鉄筋結束ユニット 1 1 0 を下降させ、第 1 鉄筋 R 1 0 及び第 2 鉄筋 R 2 0 の交差箇所 c 1 2 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 1 0 0 は、リール 1 8 0 a 及び 1 8 0 b を有する。リール 1 8 0 a 及びリール 1 8 0 b 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 1 1 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 を結束する際にリール 1 8 0 a 及び／またはリール 1 8 0 b に収容されるワイヤが引き出され、交差箇所 c 1 2 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 1 1 0 は、鉄筋結束ユニット 1 1 0 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 1 1 4（図 5）が設けられている。ワイヤ振り部 1 1 4 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。

[0029] 図 7 は、鉄筋結束ロボット 1 0 0 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 1 0 0 は、上述した鉄筋結束ユニット 1 1 0、走行ユニット 1 2 1、及びセンサユニット 1 3 0 等の構成のほか、制御ユニット 1 6 0 と、横移動ユニット 1 4 6 と、記憶装置 1 9 8 と、を備えていてもよい。

[0030] 制御ユニット 1 6 0 は、鉄筋結束ロボット 1 0 0 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 1 6 0 は、センサ検出結果取得部 1 6 2 と、判定部 1 6 4 と、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 1 6 8 と、鉄筋追従制御部 1 7 0 と、停止制御部 1 7 2 と、移動量算出部 1 7 4 と、姿勢制御部 1 7 6 と、モータ制御部 1 7 8 と、異物迂回制御部 1 7 9 とを備えていてもよい。

[0031] なお、本実施形態の鉄筋結束ロボット 1 0 0 においては、図 1 に示されるように、制御ユニット 1 6 0 は、Y 方向において、鉄筋結束ユニット 1 1 0 に対してリール 1 8 0 a 及びリール 1 8 0 b 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。

[0032] 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。

[0033] 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。

[0034] 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。

[0035] 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。

- [0036] 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の端部及び／または第2鉄筋R20の端部を判定する。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の端部及び／または第2鉄筋R20の端部の位置を判定してもよい。
- [0037] 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。
- [0038] 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。

[0039] 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。

[0040] 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。

[0041] 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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] 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。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] 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。

[0049] 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、あるいは端部に加えて、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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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130a～130d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。

[0053] 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。

[0054] 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。

[0055] 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。

[0056] 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。

[0057] 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。

[0058] 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。

[0059] 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 ローラ部 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 ローラ部 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。

[0060] 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）。

[0061] 次に、本実施形態に係る鉄筋結束ロボット100の第1ローラ部122a（「第1車輪」の一例）、第2ローラ部122b（「第2車輪」の一例）、第3ローラ部122c（「第3車輪」の一例）、及び第4ローラ部122d（「第4車輪」の一例）の配置及び構成について説明する。

[0062] 本出願の発明者らは、鉄筋結束ロボット100が走行する第1鉄筋R10のピッチが、鉄筋コンクリート構造物の種類等に応じて変動する可能性がある点に着目し、異なるピッチで配列される複数種類の鉄筋上を走行するための車輪の配置及び構成を考案した。

図13A及び図13Bは、第1鉄筋R10のピッチの一例として、130mmピッチ（「第1ピッチP1」の一例）及び220mmピッチ（「第2ピッチP2」の一例）でそれぞれ配列された複数の第1鉄筋R10上を走行する鉄筋結束ロボット100を、鉄筋結束ロボット100の進行方向である＋Y方向から見た正面図である。以下、車輪の配置及び構成について詳述する。

[0063] 第1ローラ部122aは、第1鉄筋R10上に接触した状態で回転することにより、1本の第1鉄筋R10（例えば第1鉄筋R12）上を走行可能に構成されている。上述したように第1ローラ部122aは、第1走行ユニット121aの第1車輪駆動モータ124a（図7）によって回転駆動される。

[0064] ここで第1ローラ部122aは、進行方向（例えば＋Y方向）と垂直な方向（例えばX方向）に延伸する中心軸を有する円柱状に形成されている。

このような構成により、第1ローラ部122aの幅方向（X方向）のいずれの位置に第1鉄筋R12が接触した状態であっても、第1ローラ部122

a 及び鉄筋結束ロボット 100 は、第 1 鉄筋 R10 上を走行可能に構成されている。

[0065] なお同図に示されるように、第 1 ローラ部 122a の幅方向（X 方向）両端部には、+Y 方向から見た正面視において上下方向に突出する一対のフランジ 122aX が形成されてもよい。フランジ 122aX を形成することにより、第 1 ローラ部 122a が第 1 鉄筋 R12 から外れて脱輪することを抑制することが可能となる。

[0066] [ローラ部の幅]

ここで第 1 ローラ部 122a の幅 W1（第 1 ローラ部 122a において、進行方向と垂直な方向である X 方向における、第 1 鉄筋 R10 上に接触した状態で回転することにより走行可能な領域の幅）は、鉄筋結束ロボット 100 が走行することが想定される 2 つのピッチの差、すなわち、第 2 ピッチ P2 と第 1 ピッチ P1 の差より大きいように形成されている。

例えば第 2 ピッチ P2 が 220 mm、第 1 ピッチ P1 が 130 mm の場合、第 2 ピッチ P2 と第 1 ピッチ P1 の差は、90 mm である。したがって第 1 ローラ部 122a の幅は、90 mm より大きく形成されている。

[0067] 第 1 ピッチ P1 で配置されている任意の第 1 鉄筋 R10（図 13A）と、第 2 ピッチ P2 で配置されている任意の第 1 鉄筋 R10（図 13B）の間隔は、2 つのピッチの差以下となる。例えば、図 13A 及び図 13B に示されるように、幅方向（X 方向）において第 1 ローラ部 122a と第 2 ローラ部 122b との間に第 2 鉄筋 R20 と結束される第 1 鉄筋 R10 である第 1 鉄筋 R13 が存在するときに、第 1 鉄筋 R13 を基準として図 13A において第 1 鉄筋 R13 に隣接する第 1 鉄筋 R12 と、図 13B において第 1 鉄筋 R13 に隣接する第 1 鉄筋 R12 との間隔は、2 つのピッチの差である 90 mm である。したがって第 1 ローラ部 122a の幅 W1 を 90 mm より大きく形成することにより、第 1 ローラ部 122a は、結束対象である第 1 鉄筋 R13 に隣接する第 1 鉄筋 R12 上を、第 1 ピッチ P1 で配列されているときであっても（図 13A）、第 2 ピッチ P2 で配列されているときであって

も（図13B）、かつ、第1ピッチP1より大きく第2ピッチP2より小さい任意のピッチで配列されているときであっても、走行することが可能である。

[0068] より具体的には、第1ローラ部122aは、第1鉄筋R10が第1ピッチP1で配列されているとき、第1ローラ部122aの幅方向中心よりも内側の領域が第1鉄筋R12に接触した状態で第1鉄筋R12上を走行可能であり、第1鉄筋R10が第2ピッチP2で配列されているとき、第1ローラ部122aの幅方向中心よりも外側の領域が第1鉄筋R12に接触した状態で第1鉄筋R12上を走行可能である。

[0069] ここで第2ピッチP2は、例えば、鉄筋結束ロボットR100が結束可能な鉄筋のピッチとして仕様上設定される、または、鉄筋結束ロボットR100が合理的に走行可能な最大の値であってもよく、第1ピッチP1は、鉄筋結束ロボットR100が結束可能な鉄筋のピッチとして仕様上設定される、または、鉄筋結束ロボットR100が合理的に走行可能な最小の値であってもよい。例えば第2ピッチP2は、第1ピッチP1の1.5倍より大きく、2.5倍より小さくてよい。

[0070] 一方で第1ローラ部122aの幅W1は、第2ピッチP2の1.5倍と第1ピッチP1の0.5倍との差より小さいように構成されている。例えば第2ピッチP2が220mm、第1ピッチP1が130mmの場合、第2ピッチP2の1.5倍（330mm）と第1ピッチP1の0.5倍（65mm）の差は、265mmである。したがって第1ローラ部122aの幅W1は、265mmより小さく形成されている。

このような構成によれば、第1鉄筋R10が第1ピッチP1および第2ピッチP2で配列されている場合の何れにおいても、幅方向（X方向）において第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの中間位置に、第2鉄筋R20と結束されることとなる第1鉄筋R10である第1鉄筋R13が存在するときに、第1ローラ部122aは、結束対象である第1鉄筋R13に隣接する第1鉄筋R12という1本の鉄筋上を走行可能である。これにより、

事前の調整を要することなく、互いにピッチP 1, P 2が異なる鉄筋上を走行することが可能となる。

[0071] ここで第1ローラ部122aの幅W1は、さらに、第1ピッチP1の2倍未満（すなわち本実施形態においては260mm未満）であってもよい。このような構成によれば、第1鉄筋R10が第1ピッチP1で配列されている場合であっても、幅方向（X方向）において第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの中間位置に、第2鉄筋R20と結束されることとなる第1鉄筋R10である第1鉄筋R13が存在するときに、第1ローラ部122aは、幅方向中心において、結束対象である第1鉄筋R13に隣接する1本（単一）の第1鉄筋R12上を走行可能である。

[0072] 第2ローラ部122b、第3ローラ部122c、及び第4ローラ部122dは、第1ローラ部122aと同じ構成を有して良いので詳細な説明を省略する。すなわち第2ローラ部122b、第3ローラ部122c、第4ローラ部122dは、それぞれ、第1鉄筋R10上で第1鉄筋R10に接触した状態で回転することにより、それぞれ、第1鉄筋R14、第1鉄筋R12、及び第1鉄筋R14上を走行可能に構成されており、第2ローラ部122bの幅W2（図13A及び図13B）を含む各ローラ部の各幅は、鉄筋結束ロボット100が走行することが想定される2つのピッチの差、すなわち、第2ピッチP2と第1ピッチP1の差より大きく、かつ、第2ピッチP2の1.5倍と第1ピッチP1の0.5倍との差より小さいように構成されている。

[0073] なお、前後方向に配置される第1ローラ部122a及び第3ローラ部122cは、同一の鉄筋（例えば、第1鉄筋R12）上をそれぞれ回転して走行し、前後方向に配置される第2ローラ部122b及び第4ローラ部122dは、同一の鉄筋（例えば、第1鉄筋R14）上をそれぞれ回転して走行する。また、第1ローラ部122aを駆動する第1車輪駆動モータ124a及び第2ローラ部122bを駆動する第2車輪駆動モータ124bを含む構成は、駆動部と総称される場合がある。

[0074] [ローラ部同士の間隔]

続いて第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの間隔SPについて説明する。第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの間隔SPは、第1ピッチP1より大きいことが好ましい。

[0075] このような構成とすることにより、進行方向と垂直な方向であるX方向において、第1ローラ部122aが設けられる領域と、第2ローラ部122bが設けられる領域との間の領域に、少なくとも1本の第1鉄筋R10（図13A及び図13Bにおいては、第1鉄筋R13）が存在するように、鉄筋結束ロボット100を走行させることが可能となる。このため、第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの間に設けられる第1センサ130a（「検出部」の一例）及び第2センサ130b（「検出部」の一例）は、第1ローラ部122aが接触する第1鉄筋R12と、第2ローラ部122bが接触する第1鉄筋R14との間に位置する第1鉄筋R13を検出することが可能となる。

[0076] したがって鉄筋結束ロボット100は、隣接する3本の第1鉄筋R10のうち、真ん中の1本の第1鉄筋R10である第1鉄筋R13を第1センサ130a及び第2センサ130bが検出し、一方において隣接する第1鉄筋R12上を第1ローラ部122aが回転しながら走行し、他方において隣接する第1鉄筋R14上を第2ローラ部122bが回転しながら走行するように構成されている。そして、第1センサ130aによって検出される真ん中の第1鉄筋R13の位置、及び／又は、第2センサ130bによって検出される真ん中の第1鉄筋R13の位置に基づいて、第1車輪駆動モータ124a及び第2車輪駆動モータ124bを含む駆動部が第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bを回転駆動させるように構成されている。

[0077] このような構成により、2つのローラである第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bが走行する第1鉄筋R10のすぐ隣にある第1鉄筋R10を、センサユニット130で検出しその検出結果に基づいて第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bを回転駆動させることが可能となるから、鉄筋結束ロボット100を精度良く走行させることが可能となる。また、

センサユニット130により検出された第1鉄筋R10を、鉄筋結束ユニット110（「結束部」の一例）を用いて結束するから、結束位置を精度良く検出することも可能となる。

[0078] また、第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの間隔SP（第1ローラ部122aの内側端部と第2ローラ部122bの内側端部との距離）は、第1ピッチP1の2倍より小さいことが好ましい。

[0079] 仮に、第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの間隔SPを第1ピッチP1の2倍より大きくすると、第1センサ130a及び第2センサ130bが2本以上の第1鉄筋R10を検出してしまう可能性が生じてしまうところ、間隔SPを第1ピッチP1の2倍より小さくすることにより、第1センサ130a及び第2センサ130bにより検出される第1鉄筋R10が、真ん中の第1鉄筋R13であることを特定することが可能となる。

本実施形態において第1ピッチP1は130mmであるから、第1ローラ部122aと第2ローラ部122bとの間隔SPは、130mmより大きく、260mmより小さいことが好ましい。

[0080] なお、本実施形態のように第1ローラ部122aを含む各ローラ部が内側面を有する場合、第1ローラ部122aの内側面（内側を向いた側面）と第2ローラ部122bの内側面（内側を向いた側面）との間隔は、130mmより大きく、260mmより小さいことが好ましいともいえる。

[0081] 一方で、進行方向（例えば、+Y方向）と垂直な方向（例えば、X方向）における、第1ローラ部122aの外側端部と第2ローラ部122bの外側端部との距離は、第2ピッチP2の2倍、すなわち、440mmより大きく、3倍、すなわち、660mmより小さいことが好ましい。

[0082] 第1ローラ部122aの外側端部（外側面）と第2ローラ部122bの外側端部（外側面）との距離が440mmより大きく、660mmより小さい場合、第2ピッチP2で配列されているとき、第1ローラ部122aの外側端部（外側面）と第2ローラ部122bの外側端部（外側面）の間には、必ず、3本の第1鉄筋R10が存在する。

[0083] したがって鉄筋結束ロボット100は、隣接する3本の第1鉄筋R10のうち、真ん中の1本の第1鉄筋R10である第1鉄筋R13を第1センサ130a及び第2センサ130bが検出し、隣接する第1鉄筋R12上を第1ローラ部122aが回転しながら走行し、隣接する他方の第1鉄筋R14上を第2ローラ部122bが回転しながら走行することが可能となる。したがって、第1センサ130aによって検出される真ん中の第1鉄筋R13の位置、及び／又は、第2センサ130bによって検出される真ん中の第1鉄筋R13の位置に基づいて、第1車輪駆動モータ124a及び第2車輪駆動モータ124bを含む駆動部は、第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bを回転駆動させることが可能となる。

[0084] なお上述された第1ローラ部122aと第2ローラ部122bの配置及び構成は、第3ローラ部122cと第4ローラ部122dについても同一であるため、詳細な説明を省略する。

ただし鉄筋結束ロボット100の第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bは、第3ローラ部122c及び第4ローラ部122dと同一構成を備えなくてもよい。例えば、鉄筋結束ロボットは、第3ローラ部122c及び第4ローラ部122dとして、上述した第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bについてのいずれかの構成を備える一方で、第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bに相当する構成を備えていなくてもよい。例えば、この鉄筋結束ロボットは、第1ローラ部122a及び第2ローラ部122bに替えて、真ん中の1本の第1鉄筋R10である第1鉄筋R13上を走行する第3のローラ部を備える3輪車の構成を備えていてもよい。

[0085] 図13A及び図13Bに示すように、以上のような構成の鉄筋結束ロボット100は、130mmピッチ（第1ピッチP1）で配列される複数の第1鉄筋R10上を走行可能に構成され、かつ、130mmピッチよりも大きい220mmピッチ（第2ピッチP2）で配列される複数の第1鉄筋R10上を走行可能に構成されている。

[0086] そして、上述した構成を備える鉄筋結束ロボット100は、複数の第1鉄

筋 R 1 0 が第 1 ピッチ P 1 である 1 3 0 m m ピッチで配列される第 1 走行エリアと、複数の第 1 鉄筋 R 1 0 が第 2 ピッチ P 2 である 2 2 0 m m ピッチで配列される第 2 走行エリアを連続して走行することも可能となる。ここで鉄筋結束ロボット 1 0 0 は、第 1 ピッチ P 1 より大きく、第 2 ピッチ P 2 より小さい任意のピッチで配列させる複数の第 1 鉄筋 R 1 0 上を走行することも可能であるから、第 1 走行エリアと第 2 走行エリアを接続するように配列ピッチが変動するエリアにおいても、結束しながら走行することが可能となる。

[0087] 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。

[0088] 本出願は、2 0 2 3 年 1 月 2 0 日出願の日本特許出願（特願 2 0 2 3 - 0 0 7 1 7 2）、2 0 2 3 年 1 月 2 0 日出願の日本特許出願（特願 2 0 2 3 - 0 0 7 1 7 4）、2 0 2 3 年 1 月 2 0 日出願の日本特許出願（特願 2 0 2 3 - 0 0 7 1 7 6）、2 0 2 3 年 1 月 2 0 日出願の日本特許出願（特願 2 0 2 3 - 0 0 7 1 7 7）、2 0 2 3 年 1 月 2 0 日出願の日本特許出願（特願 2 0 2 3 - 0 0 7 1 8 2）、2 0 2 3 年 1 月 2 0 日出願の日本特許出願（特願 2 0 2 3 - 0 0 7 1 8 7）、および、2 0 2 3 年 8 月 1 0 日出願の日本特許出願（特願 2 0 2 3 - 1 3 1 0 3 1）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

[0089] 本開示に係る鉄筋結束装置は、互いにピッチが異なる複数の鉄筋上を走行する場合であっても、走行の追従性を高めることができる。

符号の説明

[0090] 1 0 0…鉄筋結束ロボット（鉄筋結束装置）
1 1 0…鉄筋結束ユニット（結束部）
1 2 2 a…第1ローラ部（第1車輪）
1 2 2 b…第2ローラ部（第2車輪）
1 2 2 c…第3ローラ部（第1車輪）
1 2 2 d…第4ローラ部（第2車輪）
1 2 4 a…第1車輪駆動モータ（駆動部）
1 2 4 b…第2車輪駆動モータ（駆動部）
1 2 4 c…第3車輪駆動モータ（駆動部）
1 2 4 d…第4車輪駆動モータ（駆動部）
1 3 0 a, 1 3 0 b…センサ（検出部）

請求の範囲

- [請求項1] 第1ピッチで配列される複数の鉄筋上を走行可能に構成され、かつ、前記第1ピッチよりも大きい第2ピッチで配列される複数の鉄筋上を走行可能に構成される鉄筋結束装置であって、
- 前記鉄筋上を回転し、前記第2ピッチと前記第1ピッチの差より大きく前記第2ピッチの1.5倍と前記第1ピッチの0.5倍との差分より小さい幅を有する第1車輪と、
- 前記第1車輪とは異なる前記鉄筋上を回転し、前記第2ピッチと前記第1ピッチの差より大きく前記第2ピッチの1.5倍と前記第1ピッチの0.5倍との差分より小さい幅を有する第2車輪と、
- 前記第1車輪及び前記第2車輪を回転駆動させる駆動部と、
- を備える、
- 鉄筋結束装置。
- [請求項2] 前記第2ピッチは、前記第1ピッチの2.5倍未満である、
- 請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項3] 前記第1車輪と前記第2車輪との間隔は、前記第1ピッチより大きく前記第1ピッチの2倍より小さい、
- 請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項4] 前記第1車輪が接触する鉄筋と、前記第2車輪が接触する鉄筋との間に位置する鉄筋を検出可能に構成された検出部をさらに備える、
- 請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項5] 前記駆動部は、前記検出部により検出される鉄筋の位置に基づいて、前記第1車輪及び前記第2車輪を回転駆動させる、
- 請求項4に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項6] 前記駆動部は、前記検出部による検出される前記鉄筋の位置に基づいて、前記第1車輪及び前記第2車輪が幅方向に移動するように、前記第1車輪及び前記第2車輪を回転駆動させる、
- 請求項5に記載の鉄筋結束装置。

- [請求項7] 前記鉄筋結束装置は、複数の鉄筋が前記第1ピッチで配列される第1走行エリアと、複数の鉄筋が前記第2ピッチで配列される第2走行エリアを連続して走行可能に構成されている、
請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項8] 前記第1車輪の幅及び前記第2車輪の幅は、90mmより大きく、265mmより小さい、
請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項9] 前記第1車輪の外側面と前記第2車輪の外側面との間隔が440mmより大きく、660mmより小さく、かつ、
前記第1車輪の内側面と前記第2車輪の内側面との間隔が130mmより大きく、260mmより小さい、
請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項10] 前記第1車輪及び前記第2車輪は、前記鉄筋結束装置の進行方向と交差する方向に延びる柱体状をなしている、
請求項1に記載の鉄筋結束装置。
- [請求項11] 前記第1車輪と前記第2車輪との間に設けられ、前記検出部により検出される鉄筋を、この鉄筋と交差する他の鉄筋と結束可能に構成される結束部をさらに備える、
請求項4に記載の鉄筋結束装置。