

明 細 書

発明の名称： 結束システム及び結束処理プログラム

技術分野

[0001] 鉄筋をワイヤで結束する結束機を備えた結束システム及び結束処理プログラムに関する。

背景技術

[0002] コンクリート建造物には強度を向上させるために鉄筋が使用されており、コンクリート打設時に鉄筋が所定の位置からずれないように、結束機によってワイヤで結束されている。

交差した鉄筋の交点に対しては、いずれの鉄筋に対しても斜めとなる方向に沿うようにワイヤを結束させることができる。例えば、前後方向に沿った一方の鉄筋と左右方向に沿った他方の鉄筋が交差する場合、ワイヤを左斜め前方向に沿わせて結束することと右斜め前方向に沿わせて結束することができる。

[0003] 従来の結束システムは、結束方向が交互に異なるように一列に並べた複数の結束機により、同時に複数の交点に対して結束を行っていた（例えば、特許文献1参照）。

また、従来の他の結束システムは、ガントリー型の移動装置のヘッドに結束機を搭載し、ワークの複数の交点に対して順番に結束を行っていた（例えば、特許文献2参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2013-35052号公報

特許文献2：日本国特開平6-219420号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記従来の結束システムは、いずれも、一方の方向に沿った鉄筋の交点に

対しては、交互に異なる方向を向いてワイヤの結束が行われるが、他方の方向に沿った鉄筋の交点に対しては、一様に同じ方向を向いてワイヤの結束が行われる。

このため、鉄筋の結束強度に低下を生じる余地があった。

[0006] 本発明は、このような課題を解決するためなされたもので、強度の高い結束を行う結束システム及び結束プログラム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] 上述した課題を解決するため、本発明の結束システムは、

複数の鉄筋と複数の鉄筋とが交差して複数の交点を形成するワークに対して、移動する結束装置により前記複数の交点を結束体で結束する結束システムであって、

前記交点を形成する一方の鉄筋と他方の鉄筋に対し、前記一方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点と前記他方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点とが、前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点と異なる方向に沿って前記結束体で結束する制御部を備えている。

[0008] また、本発明の結束処理プログラムは、

複数の鉄筋と複数の鉄筋とが交差して複数の交点を形成するワークに対して、移動する結束装置により前記複数の交点を結束体で結束する結束システムを制御するコンピュータに、

前記交点を形成する一方の鉄筋と他方の鉄筋に対し、前記一方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点と前記他方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点とが、前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点と異なる方向に沿って前記結束体で結束する制御を行う機能を実現させる。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、ワークを構成するそれぞれの鉄筋における複数の交点と同じ方向のみに結束体で結束されることを回避し、鉄筋同士の隙間を低減させて強固な結束を実現することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]実施形態に係る結束システムの装置本体の斜視図である。
- [図2]実施形態に係る結束システムの概略の制御構成を示すブロック図である。
- [図3]結束装置が結束動作を行う際の姿勢での側面図である。
- [図4]ワーク保持部の保持台上のワークを上側から見た概略図である。
- [図5]結束方向の第1方向で結束を行った交点を示す平面図である。
- [図6]結束方向の第2方向で結束を行った交点を示す平面図である。
- [図7]「角部に位置する交点」と「外縁に位置する交点」とそれ以外の交点との区別を示した説明図である。
- [図8]結束方向の決定処理における条件(1)に従って行われたワークの平面図である。
- [図9]結束方向の決定処理における条件(2)に従って行われたワークの平面図である。
- [図10]結束方向の決定処理における条件(3)に従って行われたワークの平面図である。
- [図11]結束方向の決定処理における条件(4)に従って行われたワークの平面図である。
- [図12]結束方向の決定処理における条件(4)に従って行われたワークの交点における拡大平面図である。
- [図13]結束方向の決定処理における条件(5)に従って行われたワークの平面図である。
- [図14]図3の結束装置を回転軸の一方から見た平面図である。
- [図15]装置本体の一部の構成を省略した平面図である。
- [図16]結束システムが結束処理を実行するときの手順を示すフローチャート

である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の第1実施形態について、図面を参照して説明する。

[0012] [結束システムの構成]

図1は、本実施形態に係る結束システム1Dが備える装置本体10Cの斜視図であり、図2は、結束システム1Dの概略の制御構成を示すブロック図である。

これらの図に示すように、結束システム1Dは、複数本の鉄筋Sが格子状に配列されたワークBを、当該複数の鉄筋Sが交差する交点P（図4参照）で結束体としてワイヤWによって結束するものである。

具体的に、結束システム1Dは、装置本体10Cと制御装置7Dを備える。

[0013] 装置本体10Cは、ワーク保持部2、全体撮影部3、ロボットアーム4、個別撮影部5、結束装置6Cを備える。このうち、ワーク保持部2は、装置本体10Cの架台11の内側に配置され、全体撮影部3、ロボットアーム4、個別撮影部5及び結束装置6Cは、架台11上に搭載される。

なお、以下の説明において、XYZの各方向は図1に示す向きをいう。XYZの各方向は互いに直交し、XY平面が略水平面であり、Z方向が鉛直に略沿った方向である。このXYZの各方向は、便宜上、後述するロボットアーム4におけるロボットの座標系と方向が一致するものとする。

[0014] 架台11は、X方向に長尺な直方体状に形成されており、X方向及びY方向の四隅に立設された4本の支柱12と、支柱12の上端においてX方向及びY方向に架け渡された4本の梁13を備える。

架台11内側の領域のうち、X方向の一方側（図1の右側）の略半部が、全体撮影部3による撮影が実行される撮影エリアE1であり、他方側（図1の左側）の半部が、ロボットアーム4及び結束装置6Cによる結束作業が実行される結束エリアE2である。

[0015] <ワーク保持部>

ワーク保持部２は、ワークＢを保持するとともに、保持したワークＢを撮影エリアＥ１と結束エリアＥ２の間で移動させる。具体的に、ワーク保持部２は、ワークＢを保持する保持台２１と、保持台２１を移動可能に支持するレール２２と、レール２２を駆動する駆動モータ２３とを備える。

保持台２１は、四辺がＸ方向及びＹ方向に沿った矩形板状に形成されている。保持台２１の四辺には、ワークＢを構成する複数の鉄筋Ｓを支持する支持板２１１が立設されている。支持板２１１は、上方に開口する複数のＵ字溝２１１ａを有し、当該Ｕ字溝２１１ａに鉄筋Ｓが挿入される。複数の鉄筋Ｓは、支持板２１１のＵ字溝２１１ａに端部が挿入された状態で、Ｘ方向及びＹ方向に沿って格子状に配列される。

レール２２は、Ｘ方向に沿って敷設され、保持台２１をＸ方向に案内する。本実施形態のレール２２は、保持台２１（ワークＢ）を少なくとも撮影エリアＥ１と結束エリアＥ２とに亘って移動可能なように敷設されている。ただし、レール２２を架台１１の外部まで延在させ、ワークＢを結束前後の作業工程まで移動可能に構成してもよい。

駆動モータ２３は、保持台２１を移動させる駆動源である。駆動モータ２３は、制御装置７Ｄからの駆動指令に基づいて、保持台２１を撮影エリアＥ１と結束エリアＥ２とに移動させる。

[0016] <全体撮影部>

全体撮影部３は、撮影エリアＥ１においてワークＢ全体を撮影する。具体的に、全体撮影部３は、撮影エリアＥ１の上部に配置された第１カメラ３１と、第１カメラ３１を移動可能に支持する移動機構３２とを備える。

第１カメラ３１は、下方向きに配置され、撮影エリアＥ１においてワーク保持部２に保持されたワークＢを上方から撮影し、鉄筋との距離情報やワークの画像情報を含む信号情報を取得する。具体的には、本実施形態の第１カメラ３１は、複眼（例えば４眼）のステレオカメラ（ＲＧＢ－Ｄカメラ）であり、ＸＹ平面の画像情報とともに奥行き方向（上下方向）の距離情報を取得し、制御装置７Ｄに出力する。第１カメラ３１は、本発明に係る第２情報

取得部の一例である。なお、第1カメラ31は、画像情報とともに距離情報（深度情報）を取得できるものであれば、そのセンサ種別等は特に限定されず、例えばTOF（Time of Flight）センサ等であってもよい。さらに、カメラに替えて、3Dレーザスキャナ、LiDAR(Light Detection And Ranging)のようなセンサを利用してもよい。

移動機構32は、Y方向に沿って延在するY方向スライダ33を含む。Y方向スライダ33は、X方向に沿った梁13上に架け渡され、X方向に移動可能に当該梁13に支持されている。Y方向スライダ33には、第1カメラ31がY方向に移動可能に吊支される。移動機構32は、制御装置7Dからの制御指令に基づいて、図示しない駆動源を駆動し、第1カメラ31を所定の位置（XY座標）に移動させる。

なお、移動機構32は、所望の解像度のワークBの画像を得るために、ワークB全体を複数回に分けて撮影するためのものである。そのため、第1カメラ31の性能やワークBの形状等によっては、移動機構32は、Y方向スライダ33をX方向に移動させるX方向スライダを含んでもよいし、第1カメラ31をX及びYのいずれか一方のみに移動させるものであってもよいし、設けられなくてもよい。また、第1カメラ31の撮影範囲が、撮影エリアE1に位置する保持台21又はワークBの全体を一回で撮影可能である場合には、第1カメラ31を定点で固定支持する構成としてもよい。

[0017] <ロボットアーム>

ロボットアーム4は、本発明に係る移動体の一例であり、個別撮影部5と結束装置6Cを搭載し、結束エリアE2において個別撮影部5と結束装置6Cを所望の位置に移動させる。本実施形態のロボットアーム4は、移動機構46と、ロボットアーム本体40と、コントローラ49とを備える。

[0018] 移動機構46は、ロボットアーム本体40を移動させる。本実施形態の移動機構46は、架台11の梁13上に架け渡されたY方向スライダ461を含む。Y方向スライダ461は、ロボットアーム本体40をY方向に移動させる。

ただし、移動機構46の具体構成は特に限定されず、例えばロボットアーム本体40をX方向に移動させる機構を含んでもよい。また、移動機構46に依らずにロボットアーム本体40の動作範囲が結束エリアE2全体をカバーできる場合には、移動機構46を設けなくてもよい。

[0019] ロボットアーム本体40は、天吊り式の垂直多関節ロボットであり、結束エリアE2において梁13上に架け渡されたY方向スライダー461に下向きに設置されている。

具体的に、ロボットアーム本体40は、ベース部41と、複数のアーム42と、エンドエフェクタ43と、複数の関節部44とを備える。

なお、ロボットアーム本体40は、搭載した個別撮影部5と結束装置6Cを移動可能なものであれば、垂直多関節ロボットに限定されない。

[0020] 複数のアーム42は、ベース部41を基端部として互いに直列に連結されている。

ベース部41は、移動機構46のY方向スライダー461に搭載され、Y方向に移動可能に支持されている。

複数の関節部44は、ベース部41と、複数のアーム42と、エンドエフェクタ43とを回動可能に連結している。各関節部44には、当該関節部44の先端側に連結されたアーム42（又はエンドエフェクタ43）を駆動するモータ441と、このモータ441の位置（速度）を検出してコントローラ49に出力するエンコーダ442とが設けられている。

エンドエフェクタ43は、複数のアーム42の先端に連結されている。エンドエフェクタ43には、個別撮影部5と結束装置6Cが搭載されている。なお、ロボットアーム本体40の先端は個別撮影部5と結束装置6Cを搭載していれば、その具体構成は特に限定されない。例えば、個別撮影部5が最も先端側の関節部44に固定され、結束装置6Cがエンドエフェクタとしてツールチェンジャーを介して連結されていてもよい。

[0021] コントローラ49は、制御装置7Dからの制御指令に基づいて、ロボットアーム4の各部の動作を制御する。具体的に、コントローラ49は、各モー

タ 4 4 1 や移動機構 4 6 を動作させたり、各エンコーダ 4 4 2 が取得した情報を制御装置 7 D に出力したりする。

なお、コントローラ 4 9 は、制御装置 7 D からの制御指令に基づいて、搭載した個別撮影部 5 や結束装置 6 C の動作をローカル制御してもよい。

[0022] <個別撮影部>

個別撮影部 5 は、ロボットアーム 4 の先端に搭載され、結束エリア E 2 において結束対象の鉄筋 S の交点 P を、全体撮影部 3 での撮影よりも高い解像度で個別に撮影する。具体的に、個別撮影部 5 は、第 2 カメラ 5 1 と、昇降モータ 5 2 と、照明ユニット 5 3 とを備える。

第 2 カメラ 5 1 は、ロボットアーム 4 のエンドエフェクタ 4 3 に先端（下方）向きに取り付けられ、結束対象の鉄筋 S の交点 P を上方から撮影する。第 2 カメラ 5 1 は、エンドエフェクタ 4 3 に対して、先端方向（上下方向）に移動可能に設けられている。本実施形態の第 2 カメラ 5 1 は、例えば RGB カメラであり、結束対象の交点 P の画像情報（カラー画像）を取得し、制御装置 7 D に出力する。第 2 カメラ 5 1 は、本発明に係る第 2 情報取得部の一例である。なお、第 2 カメラ 5 1 は、少なくとも 1 つの交点 P の画像（画像を含めた鉄筋の交点の信号情報）を取得可能であれば、そのセンサ種別等は特に限定されない。

昇降モータ 5 2 は、エンドエフェクタ 4 3 に対して第 2 カメラ 5 1 を先端方向（上下方向）に移動（昇降）させる駆動源である。

照明ユニット 5 3 は、第 2 カメラ 5 1 の幾分撮影方向前方であって撮影範囲の周囲に配置され、第 2 カメラ 5 1 の撮影対象を照明する。本実施形態の照明ユニット 5 3 は、第 2 カメラ 5 1 の撮影対象を互いに異なる角度から照明可能な複数の光源（投光器。図示省略）を有する。照明ユニット 5 3 は、複数方向からパターン光の照射を行い、第 2 カメラ 5 1 と協働して交点 P の周囲の三次元情報を取得可能な構成としてもよい。

[0023] <結束機>

図 3 は結束装置 6 C が結束動作を行う際の姿勢での側面図である。

結束装置 6 C は、ロボットアーム 4 の先端に搭載されている。結束装置 6 C は、ワーク B を構成する鉄筋 S の交点 P をワイヤ W で結束する鉄筋結束機 6 1 C と、リール 6 3 C からワイヤ W を引き出し、結束機 6 1 C とリール 6 3 C との間でワイヤ W に弛みを形成する弛み形成部 6 2 C と、制御装置 7 D からの動作指令に従って鉄筋結束機 6 1 C の結束動作と弛み形成部 6 2 C のワイヤ W の弛み形成動作を実行させる制御部 6 4 C を備える。

[0024] 鉄筋結束機 6 1 C は、筐体の外部から二本のワイヤ W が図示の送り方向 F に沿って送り込まれる入口部 6 1 1 C を有し、入口部 6 1 1 C から内部に送り込まれた二本のワイヤ W を鉄筋 S の周囲に巻き回し、鉄筋 S の周囲に巻き回された二本のワイヤ W を逆送り方向 R に送って鉄筋 S に巻き付けて切断した後、ワイヤ W を振じり、鉄筋 S をワイヤ W で結束する。

[0025] このため、結束機 6 1 C は、ワイヤ W を送るワイヤ送り部と、ワイヤ W をガイドするワイヤガイド 6 1 2 C と、ワイヤ W を鉄筋 S の周囲に巻き回すカールガイド 6 1 3 C 及び誘導ガイド 6 1 4 C と、鉄筋 S に巻き付けられたワイヤ W を切断する切断部と、鉄筋 S に巻き付けられたワイヤ W を振じる結束部とを備えている。

[0026] ワイヤガイド 6 1 2 C は、入口部 6 1 1 C の手前に設けられ、入口部 6 1 1 C に対して二本のワイヤ W が送り方向 F に沿って進入するようにガイドする。

[0027] ワイヤ送り部は、入口部 6 1 1 C の内側にあり、二本のワイヤ W を一対の送りギアで挟持して送り方向 F に沿って送る。ワイヤ送り部は、駆動源となる送りモータ 6 1 5 C（図 2 参照）を備えている。この送りモータ 6 1 5 C は、正回転の駆動により二本のワイヤ W を送り方向 F に向かって送ることで、その先にあるカールガイド 6 1 3 C 及び誘導ガイド 6 1 4 C によってワイヤ W を鉄筋 S の周囲に巻き回すことができる。また、送りモータ 6 1 5 C は、逆回転の駆動により、二本のワイヤ W を逆送り方向 R に向かって送り、鉄筋 S をワイヤ W によって締め付けることができる。

[0028] 切断部は、入口部 6 1 1 C の内側であって、ワイヤ送り部のさらに奥に位

置している。切断部は、図示しない可動刃と固定刃とを有し、可動刃の駆動源を結束部と共用している。可動刃は、結束部の駆動源である振じりモータ 6 1 6 C（図 2 参照）によって固定刃側に移動して二本のワイヤを切断することができる。

なお、切断部の駆動源は別途独立して備える構成としてもよい。

[0029] 図 3 の結束装置 6 C は、ロボットアーム 4 の先端部におけるエンドエフェクタ 4 3 に支持され、エンドエフェクタ 4 3 における旋回軸 Z_r が前述した Z 方向（鉛直上下方向）に平行となる状態で結束動作を実行する。また、結束装置 6 C は、鉄筋 S に対してワイヤ W の結束を行う位置が旋回軸 Z_r の軸線上に位置するように設定されており、結束の際に、ロボットアーム 4 は、鉄筋 S の交点 P が旋回軸 Z_r の軸線上となるように結束装置 6 C の位置決めを行う。

[0030] カールガイド 6 1 3 C 及び誘導ガイド 6 1 4 C は、結束機 6 1 C の先端部（結束動作時における下端部）に位置し、前述した旋回軸 Z_r を挟んでその両側にそれぞれが配置されている。

カールガイド 6 1 3 C は、その基端部が入口部 6 1 1 C から送り方向 F に向かった先に配置され、カールガイド 6 1 3 C の基端部から先端部に向かう過程でワイヤ W をカールさせるガイド経路が内側に形成されている。

[0031] 誘導ガイド 6 1 4 C は、カールガイド 6 1 3 C に対向して配置され、カールガイド 6 1 3 C によってカールしたワイヤ W を先端部から受け入れて、カール状態を維持しつつワイヤ W を基端部側まで案内するガイド経路が内側に形成されている。

これらカールガイド 6 1 3 C 及び誘導ガイド 6 1 4 C の協働により、ワイヤ W をループ状に変形させて鉄筋 S の周囲に巻き回すことができる。

[0032] 結束部は、誘導ガイド 6 1 4 C の基端部とカールガイド 6 1 3 C の基端部との間で鉄筋 S の周囲に巻き回された状態でワイヤ W を捕捉する係止部材を有する。係止部材は、結束機 6 1 C の内部において、前述した旋回軸 Z_r と同心の回転軸線回りに回転可能に支持されており、前述した振じりモータ 6

16Cによって回転駆動を行うためのトルクが付与される。係止部材は、切断部によってワイヤWが切断された後に振じりモータ616Cによって回転駆動され、ワイヤWの両端部を振じて鉄筋Sを結束することができる。

[0033] 結束機61Cの旋回軸Zrに沿った方向の片側（結束動作時における上側）には、ワイヤWのリール63Cが二つ並んで回転可能に支持されている。二つのリール63Cは、図3における紙面垂直方向に沿った軸回りに回転可能且つ同方向に沿って並んで配置されている。

[0034] 弛み形成部62Cは、図3に示すように、結束機61C及び二つのリール63Cに対して、旋回軸Zrに直交する直交方向Xwにおける片側に配置されている。

弛み形成部62Cは、互いにすれ違い動作を行う第1の弛み形成部621C及び第2の弛み形成部622Cと、これらのすれ違い動作の駆動源となる弛み形成モータ623Cとを有する。

[0035] 前述したワイヤWの送り方向Fは、旋回軸Zr及び直交方向Xwに平行となる平面に概ね平行である。さらに、ワイヤWの送り方向Fは、上流側が上記の直交方向Xwに対して幾分、図3の紙面上側に傾斜している。

第1の弛み形成部621C及び第2の弛み形成部622Cは、いずれも二本のワイヤWが掛け渡されるローラを保持している。

[0036] そして、第1の弛み形成部621C及び第2の弛み形成部622Cは、概ね送り方向Fに沿ってすれ違い動作を行うことで、リール63Cから結束機61Cの入口部611Cに至るワイヤWの経路長を伸長してリール63CからワイヤWの引き出しを行う。また、第1の弛み形成部621C及び第2の弛み形成部622Cは、すれ違い動作後に復帰動作を行うことで、ワイヤWにリール63Cから引き出した分の弛みを付与することができる。

[0037] ところで、二本のワイヤWは、結束機61Cの入口部611Cに対して、送り方向Fに近い方向、つまり、送り方向Fに近い入射角度から送り込むことが要求される。送り方向Fは、その進行方向の先にあるカールガイド613C及び誘導ガイド614CによってワイヤWを適正なループ状に変形させ

るために適した方向である。

結束機 6 1 C の入口部 6 1 1 C に対してワイヤ W を送り方向 F に沿わせて供給するために、弛み形成部 6 2 C は、下流側の第 2 の弛み形成部 6 2 2 C から結束機 6 1 C の入口部 6 1 1 C に至る経路が送り方向 F に沿うように配置されている。そして、第 2 の弛み形成部 6 2 2 C は、すれ違い動作の際には、結束機 6 1 C の入口部 6 1 1 C から送り方向 F に沿って遠ざかる方向に離隔移動を行う。

[0038] このため、結束装置 6 C は、結束機 6 1 C（旋回軸 Z_r）に対する直交方向 X_w の片側（図 3 の紙面右側）に弛み形成部 6 2 C が大きく突出するように配置されている。

なお、結束装置 6 C の結束機 6 1 C に対する図 3 の紙面左側には、個別撮影部 5 の第 2 カメラ 5 1 及び照明ユニット 5 3 が配置されている。

[0039] <制御装置>

制御装置 7 D は、結束システム 1 D を統合的に制御するコンピュータである。具体的に、制御装置 7 D は、操作部 7 2 と、表示部 7 3 と、記憶部 7 6 D と、制御部 7 7 D とを備える。

操作部 7 2 は、ユーザが制御装置 7 D を動作させるための各種操作を行う操作手段であり、例えばマウス等のポインティングデバイスやキーボードを含む。

表示部 7 3 は、例えば液晶ディスプレイ、有機 E L ディスプレイその他のディスプレイで構成され、制御部 7 7 D からの表示信号に基づいて各種情報を表示する。なお、表示部 7 3 は、操作部 7 2 の一部を兼ねるタッチパネルであってもよいし、音声出力を行ってもよい。

[0040] 記憶部 7 6 D は、R A M（Random Access Memory）や R O M（Read Only Memory）等により構成されるメモリであり、各種のプログラム及びデータを記憶するとともに、制御部 7 7 D の作業領域としても機能する。

また、記録装置としての記憶部 7 6 D には、第 1 カメラ 3 1 及び第 2 カメラ 5 1 によって撮像された画像データ 7 6 2 D と、ワーク B の情報が記録さ

れたマップデータ 7 6 3 D と、後述する結束方向の決定処理で生成される結束方向データ 7 6 4 D と、結束装置 6 C の表面全体の三次元上の位置を示す機体情報データ 7 6 6 D と、ロボットアーム 4 の座標系に展開されたロボットアーム 4 の周囲の障害物表面全体の三次元上の位置を示す周辺情報データ 7 6 7 D とが記憶されている。

[0041] 制御部 7 7 D は、例えば CPU (Central Processing Unit) 等により構成され、制御装置 7 D の各部の動作を制御する。具体的に、制御部 7 7 D は、操作部 7 2 の操作内容等に基づいて制御装置 7 D の各部を動作させたり、記憶部 7 6 D に予め記憶されているプログラムを展開し、展開されたプログラムと協働して各種処理を実行したりする。

[0042] <交点情報取得処理>

制御部 7 7 D は、前述した結束処理プログラム 7 6 1 D を実行することにより、ワーク B の複数の鉄筋 S の交差する交点 P に関する情報を取得する。

制御部 7 7 D は、前述したように、装置本体 1 0 C を制御してワーク B の複数の鉄筋 S が交差する交点 P に対して結束体としてのワイヤ W により結束を行う。

[0043] 図 4 はワーク保持部 2 の保持台 2 1 の支持板 2 1 1 に保持されたワーク B を Z 方向の上側から見た概略図である。なお、この概略図では、ワーク B の鉄筋 S の本数を図 1 よりも少なくして図示している。また、図中における複数の二重丸は交点 P の位置を示すマークであって、実際のワーク B 上に存在する物体を示すものではない。さらに、図中の鉄筋 S 及び交点 P については数が多いので一部のみに符号を付している。図 7 ～図 1 1 及び図 1 5 も同様である。

[0044] ワーク B は、X 方向に沿った複数の鉄筋 S の上に Y 方向に沿った複数の鉄筋 S が配置され、格子状を呈している。なお、X 方向に沿った鉄筋 S と Y 方向に沿った鉄筋 S の上下は逆でもよい。また、各方向に沿った複数の鉄筋 S は、均一の間隔で並んだ状態で図示しているが、鉄筋 S 同士の相互間隔は不均一でもよい。また、長さも不均一であってもよい。

X方向に沿った複数の鉄筋SとY方向に沿った複数の鉄筋Sのそれぞれの中心線がZ方向から見て交差する各位置が交点Pとなり、結束システム1Dは、これらの各交点Pを結束の対象とすることができる。

[0045] 制御部77Dによる結束の動作制御は、ワークBの複数の鉄筋Sが交差する複数の交点Pの位置を特定するための交点Pに関する情報が必要となる。

このため、制御部77Dは、ワークBの全ての交点Pの位置を特定するための交点Pに関する情報を取得する交点情報取得処理を実行する。

この交点情報取得処理は、交点情報取得手段として機能する第1カメラ31又は第2カメラ51によって撮像された画像データ762Dから各交点Pの位置を取得する第1取得処理と、結束システム1Dの外部からマップデータ763Dを取得する第2取得処理とからなる。

[0046] なお、制御部77Dは、第1取得処理と第2取得処理の一方のみを実行可能な構成としてもよい。

例えば、制御部77Dが第1取得処理のみを実行可能な構成とする場合には、記憶部76Dは、マップデータ763Dを保有しない構成としてもよい。

[0047] 制御部77Dが行う第1取得処理は、第1カメラ31又は第2カメラ51によって撮影された保持台21上のワークBの画像データ762Dが二次元の平面的な画像データである場合には、周知の画像処理によって、画像内の各鉄筋Sの輪郭の位置を抽出し、各鉄筋Sの中心を通る中心線を求め、各鉄筋Sの中心線同士が交差する位置を特定して、これらを交点Pの位置として取得する。また、交点Pの高さ情報は、第1カメラ31又は第2カメラ51と保持台21上のワークBとの相対的な位置を変えて二回以上の撮影を行い、視差によって画面内の各位置の高さを算出してもよい。これらによってワークBの鉄筋Sの全ての交点Pの三次元の位置データが得られるので、これをロボットアーム4の座標系に展開することで交点Pの位置を特定するための交点Pに関する情報が取得される。

[0048] また、第1カメラ31又は第2カメラ51の画像データ762Dが三次元

の位置情報を含む画像データである場合には、当該画像データが示す位置情報をロボットアーム４の座標系に展開することで交点Ｐの位置を特定するための交点Ｐに関する情報が取得される。

[0049] 制御部７７Ｄが行う第２取得処理は、制御装置７Ｄが結束システム１Ｄの外部と通信を行う図示しない通信装置を備え、外部の他の情報処理端末から通信ネットワーク等を通じてマップデータ７６３Ｄを要求し、取得する処理である。

また、制御装置７Ｄがマップデータ７６３Ｄを記憶した記憶媒体を読み取る図示しない読み取り装置を備え、記憶媒体からの読み取りによってマップデータ７６３Ｄを取得する処理であってもよい。

[0050] マップデータ７６３Ｄは、ワークＢの設計情報等が記録されており、基本的な各鉄筋Ｓの寸法及び三次元上の位置情報や各交点Ｐの三次元上の位置情報が含まれている。

従って、第２取得処理を実行する制御部７７Ｄは、マップデータ７６３Ｄから得られる各交点Ｐの三次元上の位置情報をロボットアーム４の座標系に展開することで交点Ｐの位置を特定するための交点Ｐに関する情報が取得される。

[0051] <結束方向の決定処理>

制御部７７Ｄは、前述した結束処理プログラム７６１Ｄを実行することにより、ワークＢの鉄筋Ｓの交点Ｐに対する結束方向の決定処理を実行する。

ワークＢの各交点Ｐに対する結束方向の決定処理は、交点情報取得処理によって取得されたワークＢの全ての交点Ｐの位置を特定するための交点Ｐに基づくワークＢの全ての交点Ｐに対して実行される。

以下、制御部７７Ｄが、ワークＢの鉄筋Ｓの交点Ｐに対する結束方向を決定するための手法を説明する。

[0052] ここで、ワークＢの交点Ｐに対する「結束方向」について図５及び図６に基づいて説明する。

図５及び図６は交点Ｐに対する二種類の結束方向を示す平面図である。×

方向の鉄筋SとY方向の鉄筋Sとの交点Pに結束されたワイヤWは、Z方向上側から見て、X方向とY方向の双方に対して概ね45°傾斜した図5に示す方向と図6に示す方向のいずれかとなる。ここで、図5の紙面における右斜め上方向に沿った結束方向を第1方向、図6の紙面における左斜め上方向に沿った結束方向を第2方向とする。

結束方向の決定処理において、制御部77Dは、ワークBの全ての交点Pに対して「結束方向」を第1方向と第2方向のいずれかに決定する。

なお、ここでいう「結束方向」は、平面状のワークBに対して垂直方向から見た結束後のワイヤWが沿っている方向を示す。

[0053] なお、結束システム1Dの結束装置6Cは、一回の結束動作により二本のワイヤWを使用して結束を行う仕様であり、図5及び図6に示す二本のワイヤWは、一回分の結束動作後の状態を示している。これ以降の図も同様である。

また、結束後の各ワイヤWの両端部は、ねじり動作による巻付け部が形成されるが、図5以降の図では、巻付け部の図示を省略している。

[0054] 制御部77Dは、結束方向の決定処理において、下記の結束方向の条件(1)～(5)のそれぞれに従って各交点Pの結束方向を決定する。

[条件(1)] ワークBの全ての交点Pの各々について、交点Pを形成する一方の鉄筋Sと他方の鉄筋Sに対し、一方の鉄筋Sにおける一方の鉄筋Sと他方の鉄筋Sが形成する交点Pとは異なる他の少なくとも一つの交点Pと他方の鉄筋Sにおける一方の鉄筋Sと他方の鉄筋Sが形成する交点Pとは異なる他の少なくとも一つの交点Pとが、一方の鉄筋Sと他方の鉄筋Sが形成する交点Pと異なる方向に沿ってワイヤWで結束されるようにする。

[条件(2)] 条件(1)を前提として、ワークBに対する作業領域内の全ての交点Pの内、作業領域の角部に位置する交点Pに対して、当該交点Pと作業領域の中心とを結ぶ直線に、より平行に近い方向に沿ってワイヤWが結束される方向とする。

[条件(3)] 条件(2)を前提として、ワークBに対する作業領域内の全ての交

点Pの内、作業領域の角部に位置する交点Pに隣り合う二つの交点Pの少なくとも一方に対して、作業領域の角部に位置する交点Pと同じ方向に沿ってワイヤWが結束される結束方向とする。

〔条件(4)〕条件(2)を前提として、ワークBに対する作業領域内の全ての交点Pの内、作業領域の外縁に位置する交点Pに対して、当該交点PとワークBの作業領域の中心とを結ぶ直線に、より平行に近い方向に沿ってワイヤWが結束される結束方向とする。

〔条件(5)〕条件(1)を前提として、ワークBの全ての交点Pの各々に対して、隣り合う他の全ての交点Pとは異なる方向にワイヤWが結束される方向とする。

[0055] ここで、結束方向の条件(1)～(5)に従って各交点Pの結束方向を決定する場合、制御部77Dは、作業領域内における、「角部に位置する交点P」、「外縁に位置する交点P」を特定する必要がある。

図7は「角部に位置する交点P」に「A」、「外縁に位置する交点P」に「B」、それ以外の交点Pについて「C」を表記した説明図である。

[0056] まず、結束方向の条件(2)～(4)における「作業領域」とは、結束システム1Dにおいて結束装置6Cを保持するロボットアーム4がワークBに対する結束作業を行う際に設定されている結束装置6Cの可動域（結束装置6Cが移動可能な範囲）の外縁とワークBの全ての交点Pが存在する領域の外縁のいずれか狭い方の領域を示す。

結束装置6Cの可動域とワークBの全ての交点Pが存在する領域とは、いずれも矩形とすることを前提としてもよい。

本実施形態では、図4のように、保持台21の四方の支持板211の内側が矩形の可動域であり、ワークBの全ての交点Pが存在する矩形の領域と一致している場合を例示する。この場合、保持台21の四方の支持板211の内側が矩形の「作業領域」となる。

[0057] 上記の作業領域内において、制御部77Dは、図7に示すように、作業領域内の全ての交点にPにおいて、二点鎖線で囲んだ領域Ra内の「A」を付

した交点Pのように、他の隣接する交点Pが二つである交点Pを「作業領域の角部に位置する交点P」と特定する。

また、制御部77Dは、図7において、二点鎖線で囲んだ領域Rb内の「B」を付した交点Pのように、他の隣接する交点Pが三つ以下である交点Pを「作業領域の外縁に位置する交点P」と特定する。

そして、制御部77Dは、図7において、二点鎖線で囲んだ領域Rc内の「C」を付した交点Pのように、他の隣接する交点Pが四つである交点Pを「作業領域の角部に位置する交点P」と「作業領域の外縁に位置する交点P」以外の交点Pと特定する。

[0058] なお、上記「隣接する交点P」という場合、鉄筋Sを介して隣接する場合を示す。つまり、X方向又はY方向について隣となる交点Pを示し、X方向とY方向のいずれに対しても斜めとなる方向について隣となる交点Pは含まれない。

また、「作業領域の外縁に位置する交点P」という場合、他の隣接する交点Pが三つ以下となる交点なので、他の隣接する交点Pが二つの「作業領域の角部に位置する交点P」も含まれる。

[0059] 前述した条件(1)を図8に基づいて説明する。

図示のように、交点Pを形成する一方の鉄筋Sと他方の鉄筋SとをそれぞれSx、Syとし、これらの交点PをPoとする。

この条件(1)では、ワイヤWの結束方向について、一方の鉄筋Sxにおける交点Po以外の他の交点Pの少なくとも一つが交点Poと異なる方向となり、且つ、他方の鉄筋Syにおける交点Po以外の他の交点Pの少なくとも一つが交点Poと異なる方向となることが要求される。

なお、ワイヤWの結束の方向は、前述した第1方向と第2方向のいずれかしかないので、「結束方向が異なる」ということは、一方の交点Pが第1方向、他方の交点Pが第2方向となることを意味する。

[0060] 条件(1)では、交点Poにおいて第2方向に沿って結束が行われている場合に、鉄筋Sxは、交点Po以外の他のいずれかの交点Pにおいて第1方向に

沿ってワイヤWの結束が行われることが要求される。また、同様に、鉄筋S_yも、交点P_o以外の他のいずれかの交点Pにおいて第1方向に沿ってワイヤWの結束が行われることが要求される。

そして、ワークBの全ての交点Pについて、交点P_oと同じことが要求される。

なお、本実施形態では、条件(1)として、ワークBの全ての交点Pについて、交点P_oと同じことが要求される場合を例示するが、これに限定されない。例えば、条件(1)として、ワークBの一つの交点P又は一部の交点Pについてのみ交点P_oと同じことが要求されるようにしてもよい。

[0061] 前述した条件(2)を図9及び図12に基づいて説明する。この条件(2)は、条件(1)が成立していることを前提とする。

ここでは、図示のように、ワークBに対する作業領域U内の全ての交点Pの内、作業領域Uの角部に位置する交点をP_cとする。

制御部77Dは、前述した定義に従って作業領域Uを特定することができ、当該作業領域Uの中心Cを求めることができる。作業領域Uの中心Cは、例えば、作業領域Uの重心（図心）から求めることができる。

さらに、制御部は、作業領域Uの角部に位置する交点Pを前述した図7の定義に従って全て特定することができる。図9の例の場合、作業領域UのY方向の両端部に位置する鉄筋S₁、S₂と作業領域UのX方向の両端部に位置する鉄筋S₃、S₄の交差する交点Pが作業領域Uの角部に位置する四つの交点P_cとなる。

そして、図9に示すように、中心Cと角部に位置するそれぞれの交点P_cとを通過する直線L_cを特定することができる。

そして、図12に示すように、角部に位置する交点P_cにおいて第1方向を向いたワイヤWと直線L_cとの交差角と、同じ交点P_cにおいて第2方向を向いたワイヤWと直線L_cとの交差角とを求めて、第1方向と第2方向の内の交差角が小さくなる方を直線L_cに「より平行に近い方向」と判断し、当該交点P_cにおける結束方向として決定する。なお、いずれの場合もZ方

向からの視線であることを前提とする。

上記の場合、ワイヤWと直線L_cとの交差角は、鋭角の交差角と鈍角の交差角とがあるが、鋭角の交差角を比較の対象とする。

また、作業領域の形状によっては、第1方向を向いたワイヤWと直線L_cとの交差角と、第2方向を向いたワイヤWと直線L_cとの交差角とが、いずれも等しくなる場合がある。

このような場合には、制御部77Dは、当該交点P_cについては、第1方向と第2方向のいずれを選択してもよい。この場合、制御部77Dは、「第1方向」と「第2方向」のどちらかに決定することを予め定めておいてもよい。

[0062] 前述した条件(3)を図10に基づいて説明する。この条件(3)は、条件(2)が成立していることを前提とする。

ここでは、図示のように、前述した作業領域Uの角部に位置する交点P_cに対して片側で隣り合う交点をP_nとする。

そして、作業領域Uの角部に位置する四つの交点P_cの隣の交点P_nは、交点P_cと同じ方向でワイヤWの結束が行われることが要求される。

従って、図10の場合、図の紙面における左上の角部に位置する交点P_cの隣の交点P_nはワイヤWが第2方向に沿って結束を行い、図の紙面における右上の角部に位置する交点P_cの隣の交点P_nではワイヤWが第1方向に沿って結束を行い、図の紙面における左下の角部に位置する交点P_cの隣の交点P_nではワイヤWが第1方向に沿って結束を行い、図の紙面における右下の角部に位置する交点P_cの隣の交点P_nではワイヤWが第2方向に沿って結束を行う。

なお、作業領域Uの角部に位置する交点P_cは、隣り合う交点Pが二つ存在するが、これらの交点Pの両方が角部に位置する交点P_cと同じ方向に結束を行ってもよい。

[0063] 前述した条件(4)を図11及び図12に基づいて説明する。この条件(4)は、条件(2)が成立していることを前提とする。

制御部 77D は、前述した定義に従って作業領域 U の中心 C と作業領域 U の外縁に位置する交点 P は全て特定することができるので、図 11 に示すように、中心 C と外縁に位置するそれぞれの交点 P とを通過する直線 Lc を特定することができる。

そして、図 12 に示すように、外縁に位置する交点 P において第 1 方向を向いたワイヤ W と直線 Lc との交差角と、同じ交点 P において第 2 方向を向いたワイヤ W と直線 Lc との交差角とを求めて、第 1 方向と第 2 方向の内の交差角が小さくなる方を直線 Lc に「より平行に近い方向」と判断し、当該交点 P における結束方向として決定する。なお、いずれの場合も Z 方向からの視線であることを前提とする。

[0064] 上記の場合、ワイヤ W と直線 Lc との交差角は、鋭角の交差角と鈍角の交差角とがあるが、鋭角の交差角を比較の対象とする。

また、第 1 方向を向いたワイヤ W と直線 Lc との交差角と、第 2 方向を向いたワイヤ W と直線 Lc との交差角とが、いずれも等しくなる場合がある。例えば、作業領域 U の中心 C を通過すると共に X 方向に平行となる鉄筋 S 上で外縁に位置する交点 P において結束を行うワイヤ W や作業領域 U の中心 C を通過すると共に Y 方向に平行となる鉄筋 S 上で外縁に位置する交点 P において結束を行うワイヤ W は、第 1 方向での交差角と第 2 方向での交差角とが等しくなる。

このような場合には、制御部 77D は、当該交点 P については、第 1 方向と第 2 方向のいずれを選択してもよい。この場合、制御部 77D は、「第 1 方向」と「第 2 方向」のどちらかに決定することを予め定めておいてもよい。

[0065] 前述した条件(5)を図 13 に基づいて説明する。この条件(5)は、条件(1)が成立していることを前提とする。

この条件(5)は、ワーク B の全ての交点 P の各々に対して、隣り合う他の全ての交点 P とは異なる方向にワイヤ W が結束される方向とするので、各交点 P に対して結束を行ったワイヤ W が、図 13 に示すように、X 方向に並んだ

交点の全ての列について第1方向と第2方向とが交互に並び、Y方向に並んだ交点の全ての列について第1方向と第2方向とが交互に並んだいわゆる千鳥配置となる。

[0066] なお、条件(5)を満たす各交点Pの結束方向については、図13の例に示す場合と、図13の全ての交点PについてワイヤWの結束方向を第1方向と第2方向とで逆に入れ替えた場合とがある。

従って、制御部77Dは、ワークBの各交点Pに対して、図13のパターンと図13の逆となるパターンのいずれかを選択するための条件を定めておくことが好ましい。

例えば、ワークBの特定の位置にある交点P（例えば、特定の角部に位置する交点P）ではワイヤWの結束方向を第1方向（又は第2方向）とする、等の条件を定めておくことが好ましい。

これにより、制御部77Dは、ワークBに対する全ての交点PについてワイヤWが結束される方向を一意的に決定することが可能となる。

なお、本実施形態では、条件(5)として、ワークBの全ての交点Pについて、隣り合う他の全ての交点Pとは異なる方向にワイヤWが結束される方向とすることが要求される場合を例示するが、これに限定されない。例えば、条件(5)として、ワークBの一つの交点P又は一部の交点Pについてのみ隣り合う他の全ての交点Pとは異なる方向にワイヤWが結束される方向とすることが要求されるようにしてもよい。

[0067] 結束システム1Dにおいて、ユーザが例えば操作部72から上述した条件(1)～(5)の条件の一部又は全部を選択可能となるように構成してもよい。その場合、制御部77Dは、ユーザが選択した条件(1)～(5)のいずれかに基づいてワークBに対する全ての交点PについてワイヤWが結束される方向を決定する。

また、結束システム1Dにおいて、制御部77Dが、条件(1)～(5)の条件のいずれか一つのみに基づいてワークBに対する全ての交点PについてワイヤWが結束される方向を決定するように構成してもよい。

[0068] ここで、条件(1)～(5)の各々に基づくワークBの交点Pに対するワイヤWの結束方向の有用性について説明する。

条件(1)の場合、制御部77Dがこの条件を満たすように各交点PのワイヤWの結束方向を決定すると、ワークBを構成する全ての鉄筋Sについて、当該鉄筋Sの全ての交点Pが同じ方向で結束されることがなくなる。ある鉄筋S上のすべての交点Pが同じ結束方向で他の鉄筋Sと結束されると、各交点Pから同じ方向に応力を受けるので、鉄筋S同士の隙間が生じやすくなり、結束強度が低減し得る。しかし、条件(1)に従ってワークBの各交点Pについて結束方向を決定すると、結束強度の低減を回避してワークBに強固な結束を行うことが可能となる。

[0069] 条件(5)の場合、制御部77Dがこの条件を満たすように各交点PのワイヤWの結束方向を決定すると、一本の鉄筋Sにおける複数の交点Pに対して第1方向と第2方向とで交互に結束が行われる。このため、鉄筋Sに沿って並んだ各交点Pについて応力の方向が分散するので、鉄筋S同士の隙間をさらに低減し、より効果的にワークBに強固な結束を行うことが可能となる。

[0070] 条件(2)～(4)の場合について前述した図3及び図11に加えて、図14と図15に基づいて説明する。

図14は図3の結束装置6Cを回転軸Zrの一方（例えば、結束動作における上側）から見た平面図、図15は装置本体10Cの一部の構成を省略した平面図である。

[0071] 前述したように、結束装置6Cは、カールガイド613C及び誘導ガイド614CによってワイヤWを適正なループ状に変形させるために、鉄筋結束機61Cに対して弛み形成部62Cがカールガイド613Cと誘導ガイド614Cとの並び方向である直交方向Xwの片側に配置される構造である。

図14に示すように、結束装置6Cは、回転軸Zrに対して、その周囲で弛み形成部62C側となる直交方向Xwの一方に最も大きく突出している。

ロボットアーム本体40は、決められた結束方向でワイヤWの結束を行う場合、結束装置6Cを回転軸Zrを中心として回転させる。この場合、旋回

軸 Z_r の周囲において、直交方向 X_w の一方に突出した部位が存在すると、結束装置6Cの周囲において Z 方向に立設する物体や Z 方向についてワークBよりも高位置にある物体との接触が懸念される。

図15に示すように、装置本体10Cにおいては、特に、架台11の各支柱12が結束装置6Cとの接触を懸念される。装置本体10Cの支柱12は、四隅に一本ずつ設けられているのみであるが、装置本体10Cの全体重量が大きくなれば、各梁13に沿ってより多くの支柱12が設けられる場合もある。

また、装置本体10Cの設置環境によっては、支柱以外の障害物が生じ得る。

[0072] このため、ワークBに対するワイヤWの結束動作の際には、結束装置6Cの突出部位、特に、弛み形成部62Cが、作業領域Uの外部に突出しないようにすることが好ましい。

図11では、結束装置6Cの結束位置となる旋回軸 Z_r が複数の交点Pに対して位置決めされた場合の結束装置6Cの平面視のシルエットを二点鎖線で記載している。結束装置6Cの平面視のシルエットにおいて長手方向の半円状を成す端部は、直交方向 X_w における個別撮影部5側の端部であり、長手方向の矩形状を成す端部は、弛み形成部62C側の端部である。

[0073] 例えば、図11に示すように、条件(2)～(4)を満たす場合には、作業領域U内の角部となる交点Pでは、例えば、作業領域Uの外縁に対して交差する結束方向が選択されるので、結束装置6Cの最も突出する部位である弛み形成部62Cを作業領域Uの内側に向けた状態で結束動作を行うことができ、作業領域Uの周囲の障害物と結束装置6Cの最も突出する部位である弛み形成部62Cとの接触の可能性を低減することが可能である。

仮に、角部の交点Pにおいて、条件(2)～(4)を満たさない方向が選択された場合、例えば、図11の紙面左上の角部の交点Pにおいて、第1方向が選択された場合には、作業領域Uの外部に向かって図11の紙面左側又は紙面上側に弛み形成部62Cが突出して、作業領域Uの周囲の障害物と接触の可

能性が生じる。

条件(2)～(4)を満たす場合には、このような弛み形成部62Cが作業領域Uの外側に突出することが避けられない可能性がある結束方向の選択を排除することができ、弛み形成部62Cと障害物との接触の可能性を低減することが可能である。

[0074] また、条件(3)の場合、角部の交点Pの隣の交点Pも角部の交点Pと同じ方向で結束動作が行われる。角部の近傍の交点Pであれば、結束方向が適正に選択されなければ、角部と同様に作業領域Uの外部に弛み形成部62Cが外側に突出する可能性が生じるので、条件(3)の場合も、弛み形成部62Cと障害物との接触の可能性を低減することが可能である。

さらに、角部の交点Pの隣の交点Pを角部の交点Pと同じ方向で結束動作を行うので、結束装置6Cの旋回動作の頻度を低減し、結束動作の迅速化を図ることが可能となる。

[0075] また、条件(4)の場合、角部を含む外縁に位置する交点Pにおける結束方向について、作業領域Uの中心Cと交点Pとを結ぶ直線により平行に近い方向が選択されるので、結束装置6Cの最も突出する部位である弛み形成部62Cを作業領域Uの内側に向けた状態で結束動作を行うことができ、作業領域Uの外側の障害物と弛み形成部62Cとの接触の可能性を低減することが可能である。

特に、外縁に位置する交点Pの中でも、角部に近いものほど、弛み形成部62Cが作業領域Uの外側に突出することが避けられない結束方向となり得るが、条件(4)を満たす場合には、その可能性を低減することができ、弛み形成部62Cと障害物との接触の可能性を低減することが可能である。

[0076] なお、条件(1)のみに従ってワークBの全ての交点Pの結束方向を決定する場合、その組み合わせが非常に多くなるので、絞り込みの条件を予め決めておくことが好ましい。

絞り込みの条件は、例えば、各鉄筋Sにおける第1方向の交点Pの数と第2方向の交点Pの数の比率、各鉄筋Sにおける第1方向の交点Pの数の下限

値又は第2方向の交点Pの数の下限値、ワークBの全ての交点Pにおける第1方向の交点Pの数と第2方向の交点Pの数の比率、ワークBの全ての交点Pの配置における第1方向の交点Pと第2方向の交点Pの分散の度合い（例えば、ワークBの全ての交点Pが存在する領域を複数に分割して、各分割領域での第1方向の交点Pの数と第2方向の交点Pの数を均等に近付ける）等である。

また、条件(1)及び絞り込み条件を考慮しても結束方向が決定できない交点Pについては、全て第1方向とする、全て第2方向とする、第1方向と第2方向の割合をより均等にする、等を予め決めておくにより好ましい。

[0077] また、条件(2)のみに従ってワークBの全ての交点Pの結束方向を決定する場合もその組み合わせが非常に多くなるので、絞り込みの条件を予め決めておくことが好ましい。

例えば、作業領域U内において、それぞれの角部に位置する交点P以外の交点Pについては、最も近い角部に位置する交点Pと同じ結束方向とする等である。そのほか、条件(1)と同じ絞り込み条件を加えてもよい。

また、条件(2)及び絞り込み条件を考慮しても結束方向が決定できない交点Pについては、全て第1方向とする、全て第2方向とする、第1方向と第2方向の割合をより均等にする、等を予め決めておくにより好ましい。

[0078] また、条件(3)のみに従ってワークBの全ての交点Pの結束方向を決定する場合もその組み合わせが非常に多くなるので、絞り込みの条件を予め決めておくことが好ましい。

例えば、作業領域U内において、それぞれの角部に位置する交点P及びそれに隣り合う交点P以外の交点Pについては、最も近い角部に位置する交点Pと同じ結束方向とする等である。そのほか、条件(1)と同じ絞り込み条件を加えてもよい。

また、条件(3)及び絞り込み条件を考慮しても結束方向が決定できない交点Pについては、全て第1方向とする、全て第2方向とする、第1方向と第2方向の割合をより均等にする、等を予め決めておくにより好ましい。

[0079] また、条件(4)のみに従ってワークBの全ての交点Pの結束方向を決定する場合もその組み合わせが非常に多くなるので、絞り込みの条件を予め決めておくことが好ましい。

例えば、作業領域U内において、それぞれの角部に位置する交点P及び外縁に位置する交点P以外の交点Pについては、最も近い角部に位置する交点P又は外縁に位置する交点Pと同じ結束方向とする等である。そのほか、条件(1)と同じ絞り込み条件を加えてもよい。

また、条件(4)及び絞り込み条件を考慮しても結束方向が決定できない交点Pについては、全て第1方向とする、全て第2方向とする、第1方向と第2方向の割合をより均等にする、等を予め決めておくにより好ましい。

[0080] また、条件(5)のみに従ってワークBの全ての交点Pの結束方向を決定する場合には、その組み合わせは二種類しかないので、前述したように、特定の交点Pについて第1方向又は第2方向とすることを予め決めておけば良い。

[0081] <結束システムの動作>

続いて、結束システム1Dの動作について説明する。

図16は結束システム1Dが結束処理を実行するときの手順を示すフローチャートである。

制御装置7Dの制御部77DのCPUは、結束処理プログラム761Dに従って以下の結束処理を実行する。

[0082] 結束処理プログラム761Dの実行により、制御部77Dは、交点情報取得処理を実行し、ワークBの複数の鉄筋Sの交差する交点Pに関する情報を取得するための処理を実行する。

この場合、制御部77Dは、ユーザによって、例えば、操作部72を通じて、マップデータ763Dの利用が選択されているか否かを判定する（ステップS201）。

[0083] 制御部77Dは、マップデータ763Dの利用が選択されている場合、記憶部76Dからマップデータ763Dの読み込みを行う（ステップS203）。このとき、記憶部76Dにマップデータ763Dが用意されていない場

合には、外部に対する通信或いは記録媒体の読み込みによってマップデータ 7 6 3 D を取得する。

[0084] 一方、マップデータ 7 6 3 D の利用が選択されていない場合には、制御部 7 7 D は、架台 1 1 の撮影エリア E 1 に配置されたワーク保持部 2 の保持台 2 1 上のワーク B に対して、全体撮影部 3 の第 1 カメラ 3 1 によりワーク B 全体を撮影する（ステップ S 2 0 5）。

[0085] マップデータ 7 6 3 D の読み込み又は第 1 カメラ 3 1 によるワーク B の撮影が行われると、制御部 7 7 D は、マップデータ 7 6 3 D 又は画像データ 7 6 2 D により、ワーク B の鉄筋 S の全ての交点 P の三次元の位置データを取得し、これをロボットアーム 4 の座標系に展開する。これにより、全ての交点 P の位置を特定することができる（ステップ S 2 0 7）。

従って、制御部 7 7 D は、交点特定手段として機能する。

[0086] 次に、制御部 7 7 D は、ワーク保持部 2 の駆動モータ 2 3 を駆動して保持台 2 1 及びワーク B を結束エリア E 2 に移動させる（ステップ S 2 0 9）。

[0087] 次に、制御部 7 7 D は、定められた結束方向の決定条件（前述した条件(1)～(5)のいずれか）に基づいてワーク B 又は作業領域 U 内の全ての交点 P に対する結束方向を決定する。この場合、各条件(1)～(5)について前述した絞り込み条件も考慮してもよい（ステップ S 2 1 1）。

制御部 7 7 D は、ワーク B 又は作業領域 U 内の全ての交点 P に対する結束方向を決定すると、記憶部 7 6 D 内に結束方向データ 7 6 4 D を生成して記録する。この結束方向データ 7 6 4 D は、設計条件が等しい他のワーク B に対して結束動作を行う場合に、ステップ S 2 1 1 の処理を省略して利用してもよい。

[0088] そして、制御部 7 7 D は、ロボットアーム 4 を制御して、第 2 カメラ 5 1 を最初に結束を行う交点 P の撮影位置に位置決めし、昇降モータ 5 2 の駆動により第 2 カメラ 5 1 を交点 P に接近移動させる（ステップ S 2 1 3）。

なお、各交点 P に対する結束の順番については、予め定められた動作条件等に従って決定される。

[0089] 次いで、制御部 77D は、第 2 カメラ 51 による交点 P の撮影を実行する（ステップ S 215）。

第 2 カメラ 51 は、第 1 カメラ 31 よりも交点 P の近くで撮影することにより、その画像データ 762D に基づいて交点 P の位置をより高精度に求めることが可能である。

[0090] 従って、制御部 77D は、第 2 カメラ 51 による画像データ 762D により交点 P の位置を改めて算出し（ステップ S 217）、新たに得られた交点 P の位置に対して結束装置 6C の結束位置を接近させて位置決めする（ステップ S 219）。

このとき、制御部 77D は、当該交点 P についてステップ S 211 によって決定された結束方向に従って、Z 方向に沿った軸回りの結束装置 6C の向きを決定する。

[0091] そして、制御部 77D は、結束装置 6C を作動させて交点 P に対するワイヤ W による結束を実行する（ステップ S 221）。

その後、再び、制御部 77D は、ロボットアーム 4 を制御して、第 2 カメラ 51 を交点 P の撮影位置に位置決めし、昇降モータ 52 の駆動により第 2 カメラ 51 を交点 P に接近移動させて（ステップ S 223）、撮影を実行する（ステップ S 225）。

[0092] そして、制御部 77D は、この撮影による画像データ 762D に基づいてステップ S 211 で決定された結束方向通りに結束が行われているか否かを判定する（ステップ S 227）。

その結果、ステップ S 211 で決定された結束方向ではない場合には、エラーの発生を報知して（ステップ S 229）、結束動作を終了する。

エラーの発生を報知する方法は、報知ランプやブザー等の専用の報知装置を用意して作動させてもよいし、表示部 73 にて報知の表示を行ってもよい。また、制御装置 7D が外部との通信装置を備える場合には、通信によって外部に通知してもよい。

[0093] 一方、ステップ S 227 において、ステップ S 211 で決定された結束方

向通りに結束が行われていると判定した場合には、制御部 77D は、ステップ S207 で取得された交点 P の位置を特定するための交点 P に関する情報に基づいて、結束を行った交点 P が最後の交点 P か否かを判定する（ステップ S231）。

これにより、結束を行った交点 P が最後の交点 P ではない場合には、制御部 77D は、次に結束を行う交点 P を特定し（ステップ S233）、ステップ S213 からステップ S233 までの処理を繰り返す。

一方、結束を行った交点 P が最後の交点 P であった場合には、制御部 77D は、ワーク B に対する結束処理を終了する。

[0094] なお、ステップ S229 に示すように、決定された結束方向ではない場合にエラーの発生を報知して結束動作を終了する処理を例示したが、エラーの発生を報知して、さらに、エラー内容を記録し、ステップ S231 に進んで、その後の交点 P に対する結束動作を継続してもよい。

[0095] <発明の実施形態の技術的効果>

上記結束システム 1D の制御装置 7D は、交点 P を形成する一方の鉄筋 S と他方の鉄筋 S に対し、一方の鉄筋 S における一方の鉄筋 S と他方の鉄筋 S が形成する交点 P とは異なる他の少なくとも一つの交点 P と他方の鉄筋 S における一方の鉄筋 S と他方の鉄筋 S が形成する交点 P とは異なる他の少なくとも一つの交点 P とが、一方の鉄筋 S と他方の鉄筋 S が形成する交点 P と異なる方向に沿ってワイヤ W で結束する制御部 77D を備えている。

このため、ワーク B を構成する鉄筋 S 同士の隙間を低減し、ワーク B に強固な結束を行うことが可能となる。

[0096] また、制御部 77D は、ワーク B に対する作業領域 U 内の全ての交点 P の内、角部に位置する交点 P に対して、当該交点 P と作業領域 U の中心 C とを結ぶ直線 Lc により平行に近い方向に沿ってワイヤ W の結束を行う。このため、角部に位置する交点 P の結束動作の際に、結束装置 6C の突出する部位である弛み形成部 62C と作業領域 U の外部の障害物との接触の可能性を低減することが可能である。

[0097] また、制御部 77D は、ワーク B に対する作業領域 U 内の複数の交点 P の内、作業領域 U の角部に位置する交点 P に隣り合う少なくとも一方の交点 P に対して、角部に位置する交点 P と同じ方向に沿ってワイヤ W で結束する。このため、角部に位置する交点 P の隣の交点 P の結束動作の際に、結束装置 6C の突出する部位である弛み形成部 62C と作業領域 U の外部の障害物との接触の可能性を低減することが可能である。

さらに、これにより、結束装置 6C の旋回動作の頻度を低減し、結束動作の迅速化を図ることが可能となる。

[0098] また、制御部 77D は、作業領域 U の外縁に位置する交点 P に対して、当該交点 P と作業領域 U の中心とを結ぶ直線 Lc に、より平行に近い方向にワイヤ W で結束する。このため、外縁に位置する交点 P の結束動作の際に、結束装置 6C の突出する部位である弛み形成部 62C と作業領域 U の外部の障害物との接触の可能性を低減することが可能である。

[0099] また、制御部 77D は、ワーク B の全ての交点 P の各々に対して、隣り合う他の全ての交点 P とは異なる方向にワイヤ W で結束する。このため、鉄筋 S に沿って並ぶ各交点 P について応力の方向が分散するので、鉄筋 S 同士の隙間をさらに低減し、より効果的にワーク B に強固な結束を行うことが可能となる。

[0100] また、結束システム 1D は、結束装置 6C に併設され、交点 P に関する情報を取得する交点情報取得手段としての第 2 カメラ 51 を有するので、結束動作の際に、結束されたワイヤ W の結束方向の適否等を判断することができ、不適正な結束の発生を検出することが可能となる。

[0101] また、制御装置 7D の制御部 77D が結束処理プログラム 761D を実行して、ワーク B の交点 P に対して所定の結束方向に沿ってワイヤ W を結束する制御を行う機能を実現するため、新たなハードウェア資源を増やすことなく、既存の結束システムからその機能を得ることができ、ハードウェア資源の開発負担やシステムの製造コストの低減を図ることが可能となる。

[0102] <機体情報データ及び周辺情報データの利用>

結束システム1Dの制御装置7Dの記憶部76Dには、結束装置6Cの表面全体の三次元上の位置を示す機体情報データ766Dとロボットアーム4の周囲の障害物表面全体の三次元上の位置を示す周辺情報データ767Dとが格納されている。

制御部77Dは、これらのデータ766D、767Dを利用して、ワークBの各交点Pについて決定された「結束方向」について、その決定の可否を判定してもよい。

[0103] 即ち、機体情報データ766Dは、結束装置6Cの機体表面全体の三次元上の位置データを含むので、結束装置6Cがロボットアーム4のエンドエフェクタ43に支持された状態での結束装置6Cの表面の各位置を取得することができる。

結束装置6Cの結束動作において、「結束方向」の決定に従って、結束装置6Cを旋回軸Z_r回りに回動させる場合、上記の結束装置6Cの表面の各位置と、ロボットアーム4の周囲の障害物表面全体の三次元上の位置を示す周辺情報データ767Dとに基づいて、結束装置6Cと障害物との干渉の可能性を判定することができる。

従って、制御部77Dは、「結束方向」の決定を行った場合に、結束装置6Cと障害物との干渉の可能性を判定し、干渉の可能性がある場合には、制御部77Dは、表示部73等を通じて干渉の可能性があることを報知する処理や、「結束方向」の現在の決定を自動的に変更する処理等を行ってもよい。

[0104] <本実施形態におけるその他の事項>

以上、本発明の各実施形態について説明した。しかし、本発明は上記の実施形態に限られるものではない。例えば、実施形態において、単一の部材により一体的に形成された構成要素は、複数の部材に分割されて互いに連結又は固着された構成要素に置換してもよい。また、複数の部材が連結されて構成された構成要素は、単一の部材により一体的に形成された構成要素に置換してもよい。その他、実施の形態で示した細部は、発明の趣旨を逸脱しない

範囲で適宜変更可能である。

[0105] 例えば、制御部 77D が、ワーク B の各交点 P について結束方向を決定する処理を行っているが、結束方向の決定に加えて、結束装置 6C の突出する部位である弛み形成部 62C が旋回軸 Zr に対していずれの方向を向くかについても決定してもよい。この場合、結束装置 6C の突出する部位である弛み形成部 62C が旋回軸 Zr に対して、作業領域 U の内側（作業領域 U の外縁とは逆側）を向くように決定することが好ましい。

[0106] また、上記実施形態では、制御部 77D が結束方向を決定する各条件(1)～(5)の説明の際に、作業領域 U が欠損する部分のない矩形領域である場合を例示したが、作業領域 U は、その他の形状であっても、結束方向を有効に決定することが可能である。

例えば、作業領域 U が、矩形に対して各部に欠損する部位がある形状である場合でも、図 7 で示した定義に従って「角部に位置する交点 P」、「外縁に位置する交点 P」を特定することで、各条件(1)～(5)に従って各交点 P の結束方向を決定することができる。

また、作業領域 U の内側に穴のように欠損する部位がある場合には、穴の周囲も作業領域 U の外縁と認識され、各条件(1)～(5)に従って各交点 P の結束方向を決定することができる。

[0107] また、上記のような変則的な作業領域 U に対し、結束装置 6C の突出する部位である弛み形成部 62C が旋回軸 Zr に対していずれの方向を向くかについても決定することができる。

例えば、穴のように欠損する部位がある作業領域 U の場合には、弛み形成部 62C が旋回軸 Zr に対して、交点 P が最も近接する、穴の周囲の作業領域 U の外縁に対して逆側を向くように決定すればよい。

[0108] また、本実施形態では、ロボットアーム 4 がワーク B に対する結束作業を行う際に設定されている結束装置 6C の可動域の外縁とワーク B の全ての交点 P が存在する領域の外縁とが一致する場合を例示したが、これらは一致しなくともよい。例えば、ワーク B の全ての交点 P が存在する領域が結束装置

6 Cの可動域よりも大きい場合、ワークBの全ての交点Pが存在する領域を複数に分割し、ロボットアーム4とワークBとを想定的に移動させて分割された各領域ごとに結束動作を行ってもよい。

[0109] また、本実施形態において、結束システム1 Dでは、制御部7 7 DがワークBの各交点Pに対するワイヤWの結束方向の決定処理を行うことを例示したが、これに限定されない。

例えば、制御部7 7 Dは、ワークBの各交点Pに対するワイヤWの結束方向を決定する判断を行わず、ユーザが操作部7 2からワークBの各交点Pについて前述した結束方向の条件(1)～(5)のいずれかを満たすように結束方向を決定して作成した結束方向データを利用して、制御部7 7 Dは、その結束方向データに従って結束動作を行ってもよい。或いは、ワークBの各交点Pについて前述した結束方向の条件(1)～(5)のいずれかを満たすように結束方向が決定された結束方向データを通信等を利用して結束システム1 Dの外部から取得して、制御部7 7 Dは、その結束方向データに従って結束動作を行ってもよい。

また、結束システム1 Dに含まれない情報処理端末等によりワークBの各交点Pについて前述した結束方向の条件(1)～(5)のいずれかを満たすように結束方向が決定された結束方向データを記録した記録媒体を記録媒体の読み取り装置で読み取って、制御部7 7 Dがその結束方向データに従って結束動作を行ってもよい。

[0110] また、結束システム1 Dは、マップデータ7 6 3 DのみからワークBの各交点Pを特定する交点Pに関する情報を取得する構成としてもよい。その場合には、結束システム1 Dにおいて、第1カメラ3 1及び第2カメラ5 1は必須ではない。

但し、第2カメラ5 1によって交点Pに対してより精度良く結束装置6 Cを位置決めすることができるので、第1カメラ3 1のみを省略し、第2カメラ5 1を備える構成としてもよい。

結束システム1 Dの構成から第1カメラ3 1を省略する場合には、ワーク

Bを撮影エリアE 1と結束エリアE 2の間で移動させる移動機構3 2も不要とすることができる。

[0111] また、本実施形態の結束システム1 Dでは、二本のワイヤWで鉄筋Sを結束する結束装置6 Cを例示したが、これに限らず、一本又は三本以上のワイヤWで鉄筋Sを結束する結束装置を利用してもよい。

[0112] また、結束システム1 Dでは、ロボットアーム4によって結束装置6 C及び個別撮影部5の移動を行う構成を例示したがこれに限定されない。例えば、X-Y方向のガントリ型の移動装置のヘッドに結束装置6 C及び個別撮影部5を搭載し、さらに、ヘッドから結束装置6 C及び個別撮影部5がZ方向に沿って昇降可能とし、Z方向に沿った軸回りに旋回可能としてもよい。

或いは、格子状に保持されたワークBに対して移動を行う自走式の移動装置に結束装置6 C及び個別撮影部5を搭載してもよい。

[0113] また、本実施形態の結束システム1 Dは、屋内の作業スペースに配置又は固定設置される据置型の結束システムである。従って、屋外作業型の結束システムのように、天候や屋外環境の影響を受けずに結束作業を行うことが可能である。また、屋外の過酷な環境に耐久する防水、防塵、高温、低温等の対策を施された機器を不要とするので、屋内での精密な作業を行う機器を搭載することができ、ワークBに対して精密な結束作業を行うことが可能である。

但し、これらの利点を排除して、屋外使用型の結束システムについて、本実施形態の特徴を具備した結束システムを構成することも可能である。

[0114] なお、本出願は、2024年01月31日出願の日本特許出願（特願2024-013045）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

[0115] ワークを構成するそれぞれの鉄筋における複数の交点が同じ方向のみに結束体で結束されることを回避し、鉄筋同士の隙間を低減させて強固な結束を実現することができる。

符号の説明

- [0116] 1 D 結束システム
- 3 1 第1カメラ（交点情報取得手段）
- 5 1 第2カメラ（交点情報取得手段）
- 6 C 結束装置
- 7 D 制御装置
- 7 2 操作部
- 7 6 D 記憶部
- 7 6 1 D 結束処理プログラム
- 7 7 D 制御部
- P 交点
- S 鉄筋
- B ワーク
- W ワイヤ（結束体）

請求の範囲

- [請求項1] 複数の鉄筋と複数の鉄筋とが交差して複数の交点を形成するワークに対して、移動する結束装置により前記複数の交点を結束体で結束する結束システムであって、
- 前記交点を形成する一方の鉄筋と他方の鉄筋に対し、前記一方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点と前記他方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点とが、前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点と異なる方向に沿って前記結束体で結束する制御部を備える結束システム。
- [請求項2] 前記制御部は、
- 前記結束装置が移動可能な作業領域内の全ての前記交点の内、隣り合う他の前記交点を二つ有する前記交点を前記作業領域の角部に位置する交点とする場合に、
- 当該角部に位置する前記交点に対して、当該交点と前記作業領域の中心とを結ぶ直線に、より平行に近い方向に沿って前記結束体の結束を行う
- 請求項1に記載の結束システム。
- [請求項3] 前記制御部は、
- 前記ワークに対する作業領域内の前記複数の交点の内、前記作業領域の角部に位置する前記交点に隣り合う二つの前記交点の少なくとも一方に対して、前記作業領域の角部に位置する前記交点と同じ方向に沿って前記結束体で結束する
- 請求項2に記載の結束システム。
- [請求項4] 前記制御部は、
- 前記ワークに対する作業領域内の前記複数の交点の内、隣り合う他の前記交点が三つ以下となる前記交点を前記作業領域の外縁に位置す

る前記交点とする場合に、

当該作業領域の外縁に位置する前記交点に対して、当該交点と前記作業領域の中心とを結ぶ直線に、より平行に近い方向に前記結束体で結束する

請求項 2 に記載の結束システム。

[請求項5]

前記制御部は、

前記交点に対して、隣り合う他の全ての前記交点とは異なる方向に前記結束体で結束する

請求項 1 に記載の結束システム。

[請求項6]

前記交点を前記結束体で結束する結束装置と、

前記結束装置に併設され、前記交点に関する情報を取得する交点情報取得手段とを有する

請求項 1 に記載の結束システム。

[請求項7]

複数の鉄筋と複数の鉄筋とが交差して複数の交点を形成するワークに対して、移動する結束装置により前記複数の交点を結束体で結束する結束システムを制御するコンピュータに、

前記交点を形成する一方の鉄筋と他方の鉄筋に対し、前記一方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点と前記他方の鉄筋における前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点とは異なる他の少なくとも一つの前記交点とが、前記一方の鉄筋と前記他方の鉄筋が形成する前記交点と異なる方向に沿って前記結束体で結束する制御を行う機能を実現させる結束処理プログラム。