

FRAME BODY INSTALLATION ROBOT

技術分野

【0001】

本発明は、枠体施工ロボットに関する。

背景技術

【0002】

J P 2 0 1 8 - 1 2 3 6 4 5 Aには、天井部分に設けられた枠体に対して天井ボードを取り付ける施工ロボットが開示されている。

発明の概要

【0003】

J P 2 0 1 8 - 1 2 3 6 4 5 Aに記載された施工ロボットは、天井部分に設けられた枠体に天井ボードを取り付けるという高所作業を行うロボットではあるものの、枠体を設置する機能を備えたものではない。つまり、天井部分へ枠体を設置するという高所作業については作業員が予め行わなければならない、作業員の作業負担を十分に軽減するには至っていない。

【0004】

本発明は、高所作業である枠体の設置作業を行うことが可能な枠体施工ロボットを提供することを目的とする。

【0005】

本発明のある態様によれば、天井スラブにより支持された一対の既設バーにクロスバーを取り付ける枠体施工ロボットは、床面を移動可能な台車部と、台車部上に載置される昇降部と、昇降部上に載置され、一対の既設バーにクロスバーを取り付ける作業を行う取付作業部と、一対の既設バーの状態を検知可能な既設バー検知部と、既設バー検知部により検出された一対の既設バーの状態に基づいて取付作業部の作動を制御する制御部と、を備え、取付作業部は、クロスバーを保持するとともに、クロスバーの両端部にそれぞれ設けられた差込部が一対の既設バーにそれぞれ設けられた差込口に近付くようにクロスバーの位置を調整可能な第1位置調整部と、一対の既設バー間の間隔を所定の大きさとすることが可能な第2位置調整部と、を有し、制御部は、間隔が所定の大きさである一対の既設バーの差込口へ差込部を差し込むことが可能となるように、第1位置調整部を制御して、クロスバーの位置を調整する。

図面の簡単な説明

【0006】

図1は、本発明の実施形態に係る枠体施工ロボットによって行われる枠体設置作業のイメージを示したイメージ図である。

図2は、枠体施工ロボットの正面を部分的に拡大して示した部分正面図である。

図3は、図2に対応する枠体施工ロボットの平面図である。

図4は、図2の矢印Fで示される方向から見た保持部を示した図である。

図5は、枠体施工ロボットの正面に設けられた補充機構を示した図である。

図6は、枠体施工ロボットを含む制御システム全体の構成を示すブロック図である。

図7は、枠体施工ロボットが行う作業の手順を示したフローチャートである。

図8は、図7のフローチャートの一部の作業の手順を示したフローチャートである。

図9は、図7のフローチャートの一部の作業の手順を示したフローチャートである。

図10は、図7のフローチャートの一部の作業の手順を示したフローチャートである。

図11は、図7のフローチャートの一部の作業の手順を示したフローチャートである。

図 1 2 は、枠体施工ロボットを上方から見た図であり、既設バーの検知について説明するための概略図である。

図 1 3 は、図 1 2 の G-G 線に沿う断面を示した断面図であり、差込口検知部の作動について説明するための概略図である。

図 1 4 は、図 1 3 の H-H 線に沿う断面を示した断面図である。

図 1 5 は、図 1 3 の H-H 線に沿う断面に相当する断面を示した断面図であり、押付部の作動について説明するための概略図である。

図 1 6 は、図 1 2 の J-J 線に沿う断面を示した断面図であり、押込部の作動について説明するための概略図である。

図 1 7 は、図 1 6 の K-K 線に沿う断面を示した断面図である。

図 1 8 は、図 5 の矢印 L で示される方向から見た補充機構の図であり、補充機構の作動を工程順に説明するための図である。

図 1 9 は、補充機構の作動を工程順に説明するための図であり、図 1 8 に続く工程を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る枠体施工ロボットについて説明する。

【0008】

本発明の実施形態に係る枠体施工ロボット 200（以下、「施工ロボット 200」という。）は、外部からの操作を必要としない自律型ロボットであり、図 1 に示すように、天井スラブ 1 により支持された一对のメインバー 6（既設バー）に対してサブバー 8（クロスバー）を取り付ける作業を行うものである。図 1 には、施工ロボット 200 によって行われる作業を一对のメインバー 6 の長手方向に沿った方向から見た状態が示されている。

【0009】

以下では、図 1 に示される互いに直交する X、Y、Z の三軸を設定し、X 軸が略水平方向であってメインバー 6（既設バー）の長手方向に沿った方向であり、Y 軸が略水平方向であってメインバー 6 の長手方向に直交する方向、すなわち、サブバー 8（クロスバー）が設置される方向であり、Z 軸が略鉛直方向であるものとして、施工ロボット 200 の構成及び作動を説明する。なお、図 1 は、施工ロボット 200 と各バー部材 6、8 との関係性をわかりやすく誇張して示したイメージ図であり、実際の大きさや比率とは異なる部分がある。

【0010】

図 1 に示される天井スラブ 1 は、コンクリートが流し込まれたデッキプレートであり、デッキプレートには、コンクリートが流し込まれる前に、予め複数のインサート 3 が所定の位置に取り付けられる。インサート 3 は、メインバー 6 やサブバー 8 といった枠体を構成する部材を、ハンガー 5 を介して吊り下げ支持する吊りボルト 4 を取り付けるために設けられる部材である。なお、天井スラブ 1 は、合板型枠に打設されて形成されたコンクリートスラブであってもよい。

【0011】

メインバー 6 は、規格化された既製品であって、図 1 に示すように、ハンガー 5 が取り付けられる取付部 6 a と、図示しない天井ボードが載置されるフランジ部 6 b と、取付部 6 a とフランジ部 6 b との間に設けられる平板部 6 c と、を有する断面が略 T 字状のバー部材（Tバー）である。

【0012】

サブバー 8 も、メインバー 6 と同様に規格化された既製品であって、ハンガー 5 を取り付け可能な取付部 8 a と、天井ボードが載置されるフランジ部 8 b と、取付部 8 a とフランジ部 8 b との間に設けられる平板部 8 c と、を有する断面が略 T 字状のバー部材（Tバー）である。

【0013】

また、サブバー 8 の両端には、後述する図 1 7 に示すように、サブバー 8 をメインバー

6に取り付けるための差込部8 eが設けられる。差込部8 eは、略直角に折り曲げられた板材を、その折り曲げ部分がサブバー8の長手方向において平板部8 cの端部から外側に位置した状態で平板部8 cに固定することにより形成される。つまり、差込部8 eの先端部は、平板部8 cに対して直交する方向に延びている。

【0014】

これに対応してメインバー6の平板部6 cには、後述する図17に示すように、サブバー8の差込部8 eが差し込まれる差込口6 dが設けられる。差込口6 dは、サブバー8の差込部8 eをメインバー6の平板部6 cに沿って移動させた場合に、進入した差込部8 eに係止される形状となっており、差込口6 dに差込部8 eが差し込まれることによって、サブバー8は、メインバー6に対して直交した状態で結合される。また、メインバー6の平板部6 cには、差込口6 dに差し込まれた差込部8 eの先端部が当接することによって、差込部8 eの差込長さを制限する規制部6 eが設けられている。

【0015】

なお、サブバー8の一方の端部に設けられた差込部8 eの延出方向とサブバー8の他方の端部に設けられた差込部8 eの延出方向とは、後述する図12に示すように、互いに反対の方向を向いている。つまり、サブバー8を一对のメインバー6に取り付ける場合、一方のメインバー6の差込口6 dに差込部8 eを差し込む方向と、他方のメインバー6の差込口6 dに差込部8 eを差し込む方向と、は互いに反対の方向となる。このようにメインバー6とサブバー8との結合部は、簡単には外れにくい構成となっている。

【0016】

上記形状のメインバー6とサブバー8とを格子状に結合することによって、天井ボードが載置される枠体が形成され、このように形成された枠体と天井ボードとにより、いわゆるグリッドタイプのシステム天井が構成される。

【0017】

本実施形態に係る施工ロボット200は、システム天井の枠体を設置するという比較的高所で行われる作業のうち、天井スラブ1により支持された一对の上記形状のメインバー6（既設バー）に対して上記形状のサブバー8（クロスバー）を取り付けるという高所作業を実行可能な構成を備える。

【0018】

次に、図1～6を参照し、施工ロボット200の構成について説明する。図2は、施工ロボット200の正面を部分的に拡大して示した部分正面図であり、図3は、図2に対応する施工ロボット200の平面図である。また、図4は、図2の矢印Fで示される方向から見た図であり、主に後述の第1保持部141Aの外形形状が示されている。また、図5は、施工ロボット200の正面図であり、主に後述の補充機構210の構成を示している。また、図6は、施工ロボット200を含む制御システム全体の構成を示すブロック図である。

【0019】

施工ロボット200は、図1に示すように、床面2を移動可能な台車部110と、台車部110上に載置される昇降部120と、昇降部120上に載置される取付作業部130と、取付作業部130にサブバー8（クロスバー）を供給する補充機構210と、台車部110、昇降部120、取付作業部130及び補充機構210の作動を制御する図示しない制御部190と、を備える。

【0020】

台車部110は、床面2を全方向に自走可能な走行装置であり、本体部111と、本体部111に取り付けられた一对の車輪114と、一对の車輪114を別々に駆動可能に設けられた図示しない一对のモータと、一对のモータに電力を供給する図示しないバッテリーと、を備える。このように一对の車輪114を別々に駆動することによって、台車部110は、その場で旋回することが可能である。なお、台車部110に設けられたバッテリーは、昇降部120、取付作業部130及び補充機構210へ電力を供給する電力供給源としても使用される。

【 0 0 2 1 】

台車部 1 1 0 を、その場で旋回させる構成としては、一对の車輪 1 1 4 に代えて、例えば、3 輪のオムニホイールや 4 輪のメカナムホイールを備えた構成が採用されてもよいし、全方向に回転可能な複数の球状体が床面 2 に接する駆動輪として機能する構成が採用されてもよい。なお、台車部 1 1 0 は、作業効率の観点からは、その場での旋回が可能であることが好ましいが、床面 2 を前後左右に自走可能であって所定の位置へと移動することが可能な一般的な走行装置であってもよい。

【 0 0 2 2 】

また、台車部 1 1 0 には、台車部 1 1 0 周辺の情報を取得可能な情報取得器 1 1 5 が設けられる。情報取得器 1 1 5 は、台車部 1 1 0 の周囲を撮像可能な全天球型または半球型のカメラである。情報取得器 1 1 5 によって撮像された画像は制御部 1 9 0 へと送られ、台車部 1 1 0 の自己位置の特定や障害物を検知するために用いられる。情報取得器 1 1 5 としては、カメラに代えて、または、カメラに加えて、全方位の距離を検出可能なレーザスキャナ等の三次元測域センサ、いわゆる、3 D - L i D A R (light detection and ranging) センサが用いられてもよい。また、情報取得器 1 1 5 は、複数設けられていてもよい。

【 0 0 2 3 】

台車部 1 1 0 上に取り付けられる昇降部 1 2 0 は、多段型の電動ジャッキであり、上下方向に沿って伸縮可能な構成を有する。昇降部 1 2 0 の上端には、取付作業部 1 3 0 を設置するためのフランジ 1 2 1 が設けられる。

【 0 0 2 4 】

取付作業部 1 3 0 は、天井スラブ 1 により支持された一对のメインバー 6 (既設バー) に対してサブバー 8 (クロスバー) を取り付ける作業を行うための各機構を備えた部分であり、サブバー 8 を保持するとともに、サブバー 8 の両端部にそれぞれ設けられた差込部 8 e が一对のメインバー 6 にそれぞれ設けられた差込口 6 d に近付くようにサブバー 8 の位置を調整可能な第 1 位置調整部 1 4 0 と、一对のメインバー 6 間の間隔の大きさをサブバー 8 の取り付けに最適な所定の大きさとする事が可能な第 2 位置調整部 1 5 0 と、を有する。

【 0 0 2 5 】

取付作業部 1 3 0 は、取付作業部 1 3 0 の水平方向位置を微調整可能な水平変位機構 1 3 1 を介して昇降部 1 2 0 のフランジ 1 2 1 に載置される。

【 0 0 2 6 】

水平変位機構 1 3 1 は、いわゆるアライメントステージ機構であり、例えば、第 1 位置調整部 1 4 0 及び第 2 位置調整部 1 5 0 が設けられるテーブル 1 3 4 の位置を、X 軸方向及び Y 軸方向へ変位させることが可能な図示しない電動アクチュエータ及び Z 軸方向に沿う回動中心軸 C 2 を中心にテーブル 1 3 4 を回動させることが可能な図示しない電動アクチュエータを有する。

【 0 0 2 7 】

このように取付作業部 1 3 0 と台車部 1 1 0 との間に水平変位機構 1 3 1 を設けておくことにより、台車部 1 1 0 を移動させることなく、第 1 位置調整部 1 4 0 及び第 2 位置調整部 1 5 0 の位置を水平面 (X Y 平面) 内において微調整することが可能となる。なお、台車部 1 1 0 を移動させることによって、取付作業部 1 3 0 の位置を容易に微調整することが可能な場合は、水平変位機構 1 3 1 を設けなくともよい。また、水平変位機構 1 3 1 に加えて、床面 2 に対するテーブル 1 3 4 の傾きを微調整可能なスイベルステージ機構が設けられていてもよい。

【 0 0 2 8 】

第 1 位置調整部 1 4 0 は、サブバー 8 の一端側を保持する第 1 保持部 1 4 1 A と、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向に第 1 保持部 1 4 1 A を移動可能な第 1 移動部 1 4 7 A と、サブバー 8 の他端側を保持する第 2 保持部 1 4 1 B と、X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向に第 2 保持部 1 4 1 B を移動可能な第 2 移動部 1 4 7 B と、を有する。

【0029】

第1保持部141Aは、図4に示されるように、互いに対向して配置される第1保持片143及び第2保持片144と、図4中に示される矢印方向に沿って第1保持片143及び第2保持片144を互いに近付けたリ離したりすることが可能なシリンダ部145と、により構成された、いわゆる平行開閉グリップである。なお、シリンダ部145は、例えば、Z軸方向に沿って伸縮するシリンダの作動を保持片143、144の開閉作動に変換するリンク機構を備えたものであってもよい。

【0030】

互いに対向する第1保持片143及び第2保持片144の対向面は、サブバー8の側面形状に沿った形状となっており、第1保持片143及び第2保持片144の位置は、サブバー8を保持可能な保持位置と、サブバー8に接しない非保持位置と、の二つの位置にシリンダ部145によって切り換えられる。なお、保持位置では、第1保持片143と第2保持片144との間隔は予め設定された間隔となっており、サブバー8は、僅かな隙間を介して第1保持片143と第2保持片144とにより保持されている。つまり、保持位置において第1保持片143及び第2保持片144は、サブバー8に対して押し付けられた状態とはなっていない。図4には、第1保持片143及び第2保持片144が非保持位置にある状態、すなわち、サブバー8の保持が解除された状態、及び、サブバー8を受け入れることが可能な状態が示されている。

【0031】

また、保持片143、144のうち、差込部8eが設けられる側に配置される第1保持片143には、差込部8eに向かってサブバー8の長手方向に沿って延びる棒状の延出部143aが設けられる。延出部143aは、第1保持部141Aがサブバー8を保持する位置を決めるための位置決め部として機能する。

【0032】

第1移動部147Aは、後述のベースプレート154に固定され第1保持部141Aの位置をZ軸方向に沿って変位させるシリンダ部148aと、第1保持部141Aの位置をX軸方向に沿って変位させる第1スライダ部148bと、第1保持部141Aの位置をY軸方向に沿って変位させる第2スライダ部148cと、により構成される。このように、第1移動部147Aは、ベースプレート154に対する第1保持部141Aの位置をX軸方向、Y軸方向及びZ軸方向に変更可能な構成となっており、第1保持部141Aは、ベースプレート154に設けられた後述の把持部155Aによって把持されるメインバー6（既設バー）に対して平行な方向及び直交する方向へと移動することが可能となっている。

【0033】

このように構成された第1移動部147Aに対して、第1保持部141Aは、回動支持部148dを介して第2スライダ部148cの可動子に固定される。

【0034】

回動支持部148dは、図4に示されるように、回動中心軸C3を中心に第1保持部141Aを回動自在に支持するものであり、第1保持部141Aは、回動支持部148dに設けられた図示しないスプリング等の弾性部材の復元力によって、一定の方向を向くように支持される。このため、第1保持部141Aに外力が作用すると、第1保持部141Aは、外力に応じて回動中心軸C3を中心に回動する一方、第1保持部141Aに作用する外力がなくなると、第1保持部141Aは、弾性部材の復元力によって、所定の位置、具体的には、図3に示されるように、シリンダ部145による保持片143、144の開閉方向がX軸方向に沿った方向となる位置へと戻される。

【0035】

第2保持部141B及び第2移動部147Bの構成は、第1保持部141A及び第1移動部147Aと同様であるため、その説明を省略する。

【0036】

第2位置調整部150は、一対のメインバー6（既設バー）の一方を把持可能な第1把

持部 1 5 5 A と、水平方向に伸縮することにより第 1 把持部 1 5 5 A の位置を変更可能な第 1 アーム部 1 5 1 A と、一対のメインバー 6（既設バー）の他方を把持可能な第 2 把持部 1 5 5 B と、水平方向に伸縮することにより第 2 把持部 1 5 5 B の位置を変更可能な第 2 アーム部 1 5 1 B と、を有する。

【0037】

第 1 アーム部 1 5 1 A は、テーブル 1 3 4 の上面に第 1 スライダ 1 3 5 A を介して固定されるシリンダ部 1 5 2 と、シリンダ部 1 5 2 から突出するロッド部 1 5 3 と、を有する電動シリンダであり、Y 軸方向に沿って伸縮作動する。第 1 アーム部 1 5 1 A の伸長量は、メインバー 6 に取り付けられるサブバー 8 の長さに応じて切り替えられる。

【0038】

ロッド部 1 5 3 の先端には、第 1 把持部 1 5 5 A が設置されるベースプレート 1 5 4 が取り付けられる。ベースプレート 1 5 4 は、ロッド部 1 5 3 の伸縮方向に対して直交する方向に延存する板状部材である。なお、ベースプレート 1 5 4 には、上述のように、第 1 把持部 1 4 1 A が第 1 移動部 1 4 7 A を介して固定されている。

【0039】

第 1 スライダ 1 3 5 A 及び第 2 スライダ 1 3 5 B は、シリンダ部 1 5 2 の位置を、Y 軸方向に沿って 2 つの位置に切り替えることが可能なエア駆動式スライダであり、後述のように、取付作業部 1 3 0 にサブバー 8 を補充する際に、各把持部 1 5 5 A、1 5 5 B が補充工程の妨げとならないようにするために設けられる。

【0040】

第 2 アーム部 1 5 1 B の構成は、第 1 アーム部 1 5 1 A の構成と同じであり、第 2 把持部 1 5 5 B が設置されるベースプレート 1 5 4 は、第 1 把持部 1 5 5 A が設置されるベースプレート 1 5 4 と同じものであるため、それらの説明を省略する。

【0041】

上記構成の第 1 アーム部 1 5 1 A 及び第 2 アーム部 1 5 1 B は、図 3 に示すように、ロッド部 1 5 3 の突出方向が互いに反対の方向となるようにして、テーブル 1 3 4 上に互いに平行に配置される。

【0042】

第 1 把持部 1 5 5 A は、図 2 に示されるように、支持ピン 1 5 6 c を中心に回動可能に支持された第 1 把持片 1 5 6 a 及び第 2 把持片 1 5 6 b と、第 1 把持片 1 5 6 a 及び第 2 把持片 1 5 6 b を互いに近付けたり離したりすることが可能なシリンダ部 1 5 7 と、により構成される。シリンダ部 1 5 7 は、Z 軸方向に沿って伸縮するシリンダの作動を把持片 1 5 6 a、1 5 6 b の回動作動に変換する図示しないリンク機構を有する。

【0043】

互いに対向する第 1 把持片 1 5 6 a 及び第 2 把持片 1 5 6 b の対向面は、メインバー 6 の側面形状に沿った形状となっており、第 1 把持片 1 5 6 a 及び第 2 把持片 1 5 6 b の位置は、メインバー 6 を把持する把持位置と、メインバー 6 に接しない非把持位置と、の二つの位置にシリンダ部 1 5 7 によって切り換えられる。図 2 及び図 3 には、第 1 把持片 1 5 6 a 及び第 2 把持片 1 5 6 b が非把持位置にある状態、すなわち、メインバー 6 の把持が解除された状態、及び、メインバー 6 を受け入れることが可能な状態が示されている。

【0044】

第 1 把持部 1 5 5 A は、図 3 に示されるように、X 軸方向においてベースプレート 1 5 4 の一方の端部と他方の端部とにそれぞれ設置される。

【0045】

また、各第 1 把持部 1 5 5 A には、メインバー 6 が第 1 把持部 1 5 5 A により把持可能な位置に載置されたか否かを検知可能な既設バー載置部 1 5 8 が設けられる。

【0046】

既設バー載置部 1 5 8 は、メインバー 6 が載置されることによって生じる荷重によって押圧される図示しない押圧式センサを有し、既設バー載置部 1 5 8 の検知結果は、制御部 1 9 0 へと送られ、後述のように主に第 1 把持部 1 5 5 A の作動の可否を判定する際に用

いられる。既設バー載置部 1 5 8 は、把持片 1 5 6 a, 1 5 6 b に隣接して配置されており、例えば、図 3 に示されるように、X 軸方向において二組の第 1 把持片 1 5 6 a 及び第 2 把持片 1 5 6 b により挟まれた位置に配置される。

【0047】

第 2 把持部 1 5 5 B の構成は、第 1 把持部 1 5 5 A の構成と同じであるため、その説明を省略する。

【0048】

また、第 1 把持部 1 5 5 A が設けられるベースプレート 1 5 4 と第 2 把持部 1 5 5 B が設けられるベースプレート 1 5 4 とには、第 1 位置調整部 1 4 0 により保持されたサブバー 8 の端部近傍を押圧することによって、サブバー 8 の差込部 8 e をメインバー 6 の差込口 6 d に押し込み可能な第 1 押込部 1 6 0 A 及び第 2 押込部 1 6 0 B がそれぞれ設けられる。

【0049】

第 1 押込部 1 6 0 A は、図 3 に示すように、サブバー 8 の差込部 8 e を押圧する押圧シリンダ 1 6 1 と、メインバー 6 の平板部 6 c を挟持する挟持部 1 6 6 と、Y 軸方向及び Z 軸方向に押圧シリンダ 1 6 1 及び挟持部 1 6 6 を移動可能な移動部 1 6 7 と、を有する。

【0050】

押圧シリンダ 1 6 1 は、シリンダ部 1 6 1 a と、シリンダ部 1 6 1 a から突出するロッド部 1 6 1 b と、を有するエア駆動式シリンダであり、伸縮方向が X 軸方向と平行となるように、挟持部 1 6 6 を構成する後述のシリンダ部 1 6 5 の第 1 可動子 1 6 5 a に固定されている。

【0051】

ロッド部 1 6 1 b の先端には、X 軸方向に突出する突起 1 6 2 a が形成された押圧部材 1 6 2 が設けられる。突起 1 6 2 a は、メインバー 6 の取付部 6 a とフランジ部 6 b との間に入り込み、サブバー 8 の差込部 8 e に当接可能な形状に形成される。

【0052】

挟持部 1 6 6 は、第 1 挟持片 1 6 4 a が設けられる第 1 可動子 1 6 5 a と、第 2 挟持片 1 6 4 b が設けられる第 2 可動子 1 6 5 b と、Y 軸方向に沿って第 1 挟持片 1 6 4 a 及び挟持片 1 6 4 b を互いに近付けたり離したりすることが可能なシリンダ部 1 6 5 と、により構成される。第 1 挟持片 1 6 4 a 及び第 2 挟持片 1 6 4 b は、メインバー 6 の取付部 6 a とフランジ部 6 b との間に入り込むことが可能な形状に形成されており、第 1 挟持片 1 6 4 a は、押圧シリンダ 1 6 1 のシリンダ部 1 6 1 a を介して第 1 可動子 1 6 5 a に固定されている。

【0053】

なお、挟持部 1 6 6 は、後述のように、サブバー 8 の差込部 8 e を押圧シリンダ 1 6 1 により押圧する際に X 軸方向において生じる反力によって、押圧シリンダ 1 6 1 が動いてしまわない程度にメインバー 6 を挟持する力を発揮することができれば、どのような構造であってもよい。

【0054】

第 2 押込部 1 6 0 B の構成は、第 1 押込部 1 6 0 A の構成と同じであるため、その説明を省略する。

【0055】

また、各ベースプレート 1 5 4 には、メインバー 6（既設バー）に設けられた差込口 6 d の位置を検知する第 1 差込口検知部 1 7 0 A 及び第 2 差込口検知部 1 7 0 B がそれぞれ設けられる。

【0056】

第 1 差込口検知部 1 7 0 A は、図 3 に示すように、メインバー 6 の平板部 6 c に対して接触子 1 7 1 a, 1 7 2 a を近付ける接触部 1 7 4 と、Y 軸方向、Z 軸方向及び X 軸方向に接触部 1 7 4 を移動可能な移動部 1 7 5 と、X 軸方向における第 1 保持部 1 4 1 A の移動を制限する移動制限部 1 7 7 と、を有する。

【0057】

接触部174は、第1接触子171aが設けられる第1可動子171と、第2接触子172aが設けられる第2可動子172と、Y軸方向に沿って第1接触子171a及び第2接触子172aを互いに近付けたり離したりすることが可能なシリンダ部173と、により構成される。

【0058】

第1接触子171aと第2接触子172aとが互いに最も接近したときの接触子171a、172a間の間隔の大きさは、メインバー6の平板部6cの厚さよりも大きく設定される。このため、メインバー6の平板部6cを挟んで第1接触子171aと第2接触子172aとが最も接近した状態において、接触部174は、メインバー6の長手方向(X軸方向)に沿って移動可能である。

【0059】

第1接触子171a及び第2接触子172aは、メインバー6の取付部6aとフランジ部6bとの間に入り込む形状に形成されており、特に、第1接触子171aは、接触部174がメインバー6の長手方向に沿って移動した際に、規制部6eに当接可能な形状となっている。

【0060】

このようにメインバー6の長手方向(X軸方向)における接触部174の移動は、移動部175に設けられた図示しないステッピングモータにより行われ、その移動量はロータリーエンコーダ等により検出され、制御部190へと送られる。

【0061】

また、第1可動子171には、接触部174がメインバー6の長手方向に沿って移動した際に、メインバー6に取り付けられたサブバー8に当接可能な第3接触子171bが、X軸方向に沿って形成されている。

【0062】

移動制限部177は、Y軸方向に沿って進退可能な板状部材であり、移動部175を構成する部材に収容される。移動制限部177は、後述のように、第1接触子171aがメインバー6の規制部6eに当接し、接触部174の移動が停止した際に、図示しないシリンダによって、第1保持部141Aに向けて進出する構成となっている。

【0063】

第2差込口検知部170Bの構成は、第1差込口検知部170Aの構成と同じであるため、その説明を省略する。

【0064】

また、各保持部141A、141Bには、サブバー8の差込部8eをメインバー6に対して押し付け可能な第1押付部180A及び第2押付部180Bがそれぞれ設けられる。

【0065】

第1押付部180Aは、第1保持部141Aの第1保持片143から延びるブラケット184に固定されるシリンダ部181aと、シリンダ部181aから突出するロッド部181bと、を有するシリンダ181と、ロッド部181bの先端に取り付けられた当接部182と、により構成される。

【0066】

第1押付部180Aは、後述の図12に示されるように、シリンダ181の伸縮方向が第1保持部141Aに保持されたサブバー8の差込部8eを向くように第1保持片143に固定されている。

【0067】

第2押付部180Bの構成は、第1押付部180Aの構成と同じであるため、その説明を省略する。

【0068】

補充機構210は、図5に示されるように、サブバー8(クロスバー)を貯留する貯留部211と、貯留部211からサブバー8を取り出す取出部214と、取付作業部130

へサブバー 8 を受け渡す受け渡し部 2 2 2 と、取出部 2 1 4 により取り出されたサブバー 8 を受け渡し部 2 2 2 へと引き渡す中継部 2 1 8 と、を有する。

【0069】

貯留部 2 1 1 は、台車部 1 1 0 の本体部 1 1 1 に設置されたレール部材 2 1 2 上に、複数のサブバー 8 を貯留可能な構成となっている。

【0070】

取出部 2 1 4 は、サブバー 8 の平板部 8 c を負圧により吸引保持可能な保持部 2 1 5 と、保持部 2 1 5 を X 軸方向及び Z 軸方向に移動可能であるとともに、Y 軸方向に沿う回転中心軸 C 4 を中心に保持部 2 1 5 を回転させることが可能な移動部 2 1 6 と、を有する。なお、保持部 2 1 5 によるサブバー 8 の保持は、負圧を利用したものに限定されず、電磁力を利用したものであってもよい。

【0071】

中継部 2 1 8 は、フランジ 1 2 1 に取り付けられており、サブバー 8 を把持可能な一对の把持部 2 1 9 と、把持部 2 1 9 を Z 軸方向に移動可能であるとともに、Y 軸方向に沿う回転中心軸 C 5 を中心に把持部 2 1 9 を回転させることが可能な移動部 2 2 0 と、を有する。

【0072】

受け渡し部 2 2 2 は、テーブル 1 3 4 上に設けられており、サブバー 8 を吸引保持可能な保持部 2 2 3 と、保持部 2 2 3 を X 軸方向及び Z 軸方向に移動可能な移動部 2 2 4 と、を有する。

【0073】

なお、補充機構 2 1 0 による取付作業部 1 3 0 へのサブバー 8 の具体的な供給工程については、後述する。

【0074】

施工ロボット 2 0 0 は、上記各機構に加えて、一对のメインバー 6（既設バー）の状態を検知可能な既設バーセンサ 1 9 2（既設バー検知部）と、一对のメインバー 6（既設バー）に対して略直交するように設けられた既設サブバー 7（基準バー）の状態を検知可能な基準バーセンサ 1 9 4 a、1 9 4 b（基準バー検知部）と、一对のメインバー 6 と既設サブバー 7 との位置を把握可能なバー位置センサ 1 9 1 と、をさらに備える。

【0075】

既設バーセンサ 1 9 2 は、計測対象物までの距離をスキャン計測可能な二次元測域センサ、いわゆる、2 D-L i D A R（light detection and ranging）センサであり、第 1 アーム部 1 5 1 A が伸長する方向にあるメインバー 6（既設バー）までの距離と、第 2 アーム部 1 5 1 B が伸長する方向にあるメインバー 6（既設バー）までの距離と、を検出可能な位置に配置される。具体的には、既設バーセンサ 1 9 2 は、バー位置センサ 1 9 1 とともに、ブラケットを介してテーブル 1 3 4 に固定される。

【0076】

既設バーセンサ 1 9 2 によって検出された距離は、制御部 1 9 0 へと送られ、後述のように主に取付作業部 1 3 0 の位置、すなわち、テーブル 1 3 4 の位置を調整するために用いられる。

【0077】

第 1 基準バーセンサ 1 9 4 a 及び第 2 基準バーセンサ 1 9 4 b は、既設バーセンサ 1 9 2 と同様に、計測対象物までの距離をスキャン計測可能な二次元測域センサ、いわゆる、2 D-L i D A R センサであり、第 1 基準バーセンサ 1 9 4 a は、第 1 アーム部 1 5 1 A の伸縮方向に対して直交する方向にある既設サブバー 7（基準バー）までの距離を検出可能な位置に配置され、第 2 基準バーセンサ 1 9 4 b は、第 2 アーム部 1 5 1 B の伸縮方向に対して直交する方向にある既設サブバー 7（基準バー）までの距離を検出可能な位置に配置される。つまり、第 1 基準バーセンサ 1 9 4 a と第 2 基準バーセンサ 1 9 4 b とは、同一の既設サブバー 7 までの距離を検出するように設置されている。具体的には、第 1 基準バーセンサ 1 9 4 a は、ブラケットを介して第 1 把持部 1 5 5 A が設けられるベースプ

レート 1 5 4 に固定され、第 2 基準バーセンサ 1 9 4 b は、ブラケットを介して第 2 把持部 1 5 5 B が設けられるベースプレート 1 5 4 に固定される。

【 0 0 7 8 】

第 1 基準バーセンサ 1 9 4 a 及び第 2 基準バーセンサ 1 9 4 b によって検出された距離は、制御部 1 9 0 へと送られ、後述のように主に取付作業部 3 0 の位置や把持部 1 5 5 A , 1 5 5 B の位置を調整するために用いられる。

【 0 0 7 9 】

なお、既設バーセンサ 1 9 2 及び基準バーセンサ 1 9 4 a , 1 9 4 b としては、2 D - L i D A R センサに代えて、T o F (Time of Flight) 方式の三次元距離センサやポイント式のレーザ距離センサが用いられてもよい。

【 0 0 8 0 】

バー位置センサ 1 9 1 は、計測対象物までの距離等の奥行き情報を立体的に取得可能なデプスカメラであり、一对のメインバー 6 と既設サブバー 7 との位置関係を把握することが可能である。

【 0 0 8 1 】

バー位置センサ 1 9 1 によって取得された情報は、制御部 1 9 0 へと送られ、後述のように、例えば、サブバー 8 が取り付けられる一对のメインバー 6 間の空間を認識するために用いられる。

【 0 0 8 2 】

制御部 1 9 0 は、図 6 に示すように、既設バーセンサ 1 9 2、第 1 基準バーセンサ 1 9 4 a、第 2 基準バーセンサ 1 9 4 b、バー位置センサ 1 9 1 及び情報取得器 1 1 5 により取得されたデータと、予め読み込まれた B I M (Building Information Modeling) 等の作業エリアに関するデータとに基づいて、台車部 1 1 0、昇降部 1 2 0、第 1 位置調整部 1 4 0、第 2 位置調整部 1 5 0、押込部 1 6 0、差込口検知部 1 7 0、押付部 1 8 0、水平変位機構 1 3 1 及び補充機構 2 1 0 の作動を制御する。制御部 1 9 0 が行う具体的な制御については、一对のメインバー 6 に対してサブバー 8 を取り付ける後述の方法の説明において詳述する。

【 0 0 8 3 】

制御部 1 9 0 は、具体的には、C P U (中央演算処理装置)、R O M (リードオンリメモリ)、R A M (ランダムアクセスメモリ)、及び I / O インターフェース (入出力インターフェース) を備えたマイクロコンピュータで構成される。R A M は C P U の処理におけるデータを記憶し、R O M は C P U の制御プログラム等を予め記憶し、I / O インターフェースは制御部 1 9 0 に接続された装置や検出器との情報の入出力に使用される。制御部 1 9 0 は、複数のマイクロコンピュータで構成されていてもよく、例えば、取付作業部 1 3 0 と台車部 1 1 0 とにそれぞれ設けられていてもよい。

【 0 0 8 4 】

また、制御部 1 9 0 には、図 6 に示すように、施工ロボット 2 0 0 に対して作業の指示を行ったり、作業状況を監視したりする外部のサーバ S とデータの送受信を行うための通信部 1 9 0 a が設けられる。通信部 1 9 0 a は、インターネット回線を介してデータを送信可能な一般的な無線通信機器であってもよいし、B L E (Bluetooth Low Energy) や W i - F i といった近距離無線通信機器であってもよい。通信部 1 9 0 a は、部材供給ロボットの制御部と通信を行う際にも用いられる。

【 0 0 8 5 】

続いて、図 7 ~ 1 1 のフローチャートと図 1 2 ~ 1 9 に示される作動状態図を主に参照し、上記構成の施工ロボット 2 0 0 によって、一对のメインバー 6 に対してサブバー 8 を取り付ける方法について説明する。図 7 は、施工ロボット 2 0 0 が行う作業の手順を示したフローチャートであり、図 8 ~ 1 1 は、図 7 のフローチャートの一部の作業の手順をそれぞれ示したフローチャートである。図 1 2 ~ 1 9 は、各作業手順における施工ロボット 2 0 0 の作動を説明するための概略図である。

【 0 0 8 6 】

まず、ステップS 1 1 1では、施工ロボット2 0 0の制御部1 9 0において、作業エリアに関するデータが読み込まれ、記憶される。具体的には、制御部1 9 0の通信部1 9 0 aを介してサーバSからB I M等の図面データが取得され、記憶部に記憶される。ここで読み込まれるデータには、B I M等の図面データに加えて、メインバー6（既設バー）及び既設サブバー7（基準バー）の位置やサブバー8（クロスバー）を取り付ける順序などが含まれる。

【0 0 8 7】

次に、ステップS 1 1 2では、制御部1 9 0は、台車部1 1 0の情報取得器1 1 5によって、施工ロボット2 0 0の周辺の情報、例えば、柱までの距離や柱の配置を取得し、記憶されたB I M等の図面データと取得された情報とを照合することにより、施工ロボット2 0 0の自己位置、すなわち、図面上での座標を認識する。制御部1 9 0は、自己位置を特定するために、S L A M（Simultaneous Localization and Mapping）機能を有していてもよい。

【0 0 8 8】

続くステップS 1 1 3では、制御部1 9 0は、最初にサブバー8が取り付けられる一対のメインバー6の座標をステップS 1 1 1で読み込まれたデータから抽出し、台車部1 1 0を制御することによって施工ロボット2 0 0を抽出された座標に向けて移動させる。なお、最初にサブバー8が取り付けられる一対のメインバー6は、施工ロボット2 0 0が置かれた場所から最も近くにある一対のメインバー6であってもよい。

【0 0 8 9】

施工ロボット2 0 0の移動が完了すると、制御部1 9 0は、バー位置センサ1 9 1によって、作業対象となる一対のメインバー6の認識を行う（ステップS 1 1 4）。具体的には、作業対象となる一対のメインバー6までの距離をバー位置センサ1 9 1によって測定し、一対のメインバー6に相当する略平行に延びる2つの直線状部材と、一対のメインバー6（2つの直線状部材）間に形成される空間と、を認識する。なお、一対のメインバー6に対して既設サブバー7が取り付けられている場合は、一対のメインバー6と既設サブバー7とにより囲まれた空間が認識されてもよい。

【0 0 9 0】

ここで、2つの直線状部材やそれらの間に形成される空間が認識できない場合、メインバー6と施工ロボット2 0 0との間や一対のメインバー6の間に何らかの障害物がある可能性がある。このため、一対の直線状部材及びそれらの間の空間を正常に認識することができない場合には、作業を行うことができないとしてステップS 1 2 0に進み、一対の直線状部材及びそれらの間の空間が正常に認識された場合には、施工ロボット2 0 0の取付作業部1 3 0の位置を調整するためにステップS 1 1 5に進む。

【0 0 9 1】

続いて、ステップS 1 1 5で行われる取付作業部1 3 0の位置調整について、図8のフローチャートと図1 2を参照して説明する。図1 2は、上方から見た施工ロボット2 0 0と、一対のメインバー6と、一対のメインバー6に設けられた既設サブバー7と、を示した図である。

【0 0 9 2】

上記構成の施工ロボット2 0 0によって一対のメインバー6にサブバー8を正確に取り付けるには、一対のメインバー6に対する取付作業部1 3 0の位置が、取り付けに適した位置となっている必要がある。具体的には、各把持部1 5 5 A，1 5 5 Bによってメインバー6をそれぞれ正確に把持するには、取付作業部1 3 0が一対のメインバー6間の中央に位置し、アーム部1 5 1 A，1 5 1 Bの伸縮方向がメインバー6の長手方向に対して直交する方向となっていることが好ましい。また、サブバー8の差込部8 eをメインバー6の差込口6 dに正確に差し込むには、テーブル1 3 4の中心位置が、一対のメインバー6の各差込口6 dの位置に対して予め設定された位置にある必要がある。

【0 0 9 3】

しかしながら、上述のように、サブバー8の取り付け作業が行われる座標の近傍へと施

工ロボット200を台車部110によって移動させることは比較的容易であるものの、取付作業部130の位置や向きをサブバー8の取り付けに適した状態として、施工ロボット200を精度よく停止させることは難しい。

【0094】

そこで、ステップS115では、一对のメインバー6の下方に移動した施工ロボット200の取付作業部130の位置を、サブバー8の取り付けに適した位置に調整する作業が行われる。

【0095】

この工程では、図8に示されるように、まず、ステップS131において、制御部190は、既設バーセンサ192により一对のメインバー6までの距離L13、L14を計測させ、基準バーセンサ194a、194bにより既設サブバー7までの距離L11、L12を計測させる。既設サブバー7は、サブバー8と同じ形状のバー部材であり、差込部7eを介して予め一对のメインバー6に取り付けられたものである。

【0096】

なお、各センサ192、194a、194bが各バー6、7までの距離を計測可能な高さがない場合は、予め昇降部120を伸長させることによって、各センサ192、194a、194bの高さを所定の高さまで上昇させる。

【0097】

続くステップS132からステップS134では、計測された距離に基づいて、取付作業部130の位置の調整が行われる。これらの工程では、取付作業部130の中心位置であるテーブル134の中心位置を、一对のメインバー6へサブバー8を取り付けるために理想とされる理想位置へと位置させる調整が行われる。

【0098】

まず、ステップS132において、制御部190は、アーム部151A、151Bの伸縮方向の調整、すなわち、把持部155A、155Bによる一对のメインバー6の把持方向の調整を行う。

【0099】

把持部155A、155Bによって一对のメインバー6をそれぞれ把持させるには、アーム部151A、151Bの伸縮方向が、一对のメインバー6の長手方向に対して直交していればよいことから、一对のメインバー6を基準としてアーム部151A、151Bの伸縮方向を調整することが考えられる。しかしながら、各メインバー6は、単に吊りボルト4に吊られた状態となっており、位置が安定していないことから、これらを基準として用いることはあまり適切ではない。

【0100】

そこで、本実施形態では、一对のメインバー6に両端部が取り付けられることで比較的位置が安定した状態となっている既設サブバー7を基準として採用し、既設サブバー7の長手方向に対して平行となるようにアーム部151A、151Bの伸縮方向を調整している。

【0101】

アーム部151A、151Bの伸縮方向が既設サブバー7の長手方向に対して平行となっているか否かは、第1基準バーセンサ194aにより計測された既設サブバー7までの距離L11と第2基準バーセンサ194bにより計測された既設サブバー7までの距離L12とがほぼ同じ距離となっているか否か、つまり、これらの距離の差分が所定の範囲内にあるか否かにより判定可能である。

【0102】

このため、ステップS132において制御部190は、第1基準バーセンサ194aの計測値と第2基準バーセンサ194bの計測値との差分の大きさが所定の範囲内となるように、水平変位機構131によって回動中心軸C2を中心にテーブル134を回動させることによって、アーム部151A、151Bの伸縮方向を調整する。

【0103】

このようにアーム部 1 5 1 A, 1 5 1 B の伸縮方向が既設サブバー 7 の長手方向と平行となるように水平変位機構 1 3 1 によって調整されることにより、結果として、把持部 1 5 5 A, 1 5 5 B により一对のメインバー 6 を把持する方向は、既設サブバー 7 の長手方向に対して直交した状態となる。

【 0 1 0 4 】

続いて、ステップ S 1 3 3 において、制御部 1 9 0 は、サブバー 8 が取り付けられる位置の直下へと取付作業部 1 3 0 を移動させる。具体的には、取付作業部 1 3 0 の中心位置であるテーブル 1 3 4 の中心位置が、サブバー 8 が取り付けられる位置の直下に位置するように、水平変位機構 1 3 1 によってテーブル 1 3 4 の位置を調整する。

【 0 1 0 5 】

ここで、一对のメインバー 6 に対してサブバー 8 が取り付けられる間隔、すなわち、メインバー 6 の長手方向において差込口 6 d が設けられている間隔は予め決まっている。したがって、サブバー 8 が取り付けられる位置は、既設サブバー 7 から所定の距離だけ離れた位置となる。

【 0 1 0 6 】

既設サブバー 7 からサブバー 8 が取り付けられる差込口 6 d までの距離と、既設サブバー 7 からテーブル 1 3 4 の中心位置までの距離とは、第 1 基準バーセンサ 1 9 4 a の計測値、または、第 2 基準バーセンサ 1 9 4 b の計測値から算出可能である。

【 0 1 0 7 】

したがって、ステップ S 1 3 3 において制御部 1 9 0 は、算出された既設サブバー 7 からサブバー 8 が取り付けられる差込口 6 d までの距離及び既設サブバー 7 からテーブル 1 3 4 の中心位置までの距離と、差込口 6 d に取り付けられるサブバー 8 と取付作業部 1 3 0 との位置関係と、に基づいて、水平変位機構 1 3 1 を制御することによって、取付作業部 1 3 0 の位置を調整する。

【 0 1 0 8 】

なお、ステップ S 1 3 3 での取付作業部 1 3 0 の位置調整は、ステップ S 1 3 2 で調整されたアーム部 1 5 1 A, 1 5 1 B と既設サブバー 7 との平行状態を維持したまま、既設サブバー 7 の長手方向に対して直交する方向（X 軸方向）に沿ってテーブル 1 3 4 を移動させることにより行われる。

【 0 1 0 9 】

さらに、ステップ S 1 3 4 において、制御部 1 9 0 は、一对のメインバー 6 間の略中央へと取付作業部 1 3 0 を移動させる。

【 0 1 1 0 】

具体的には、テーブル 1 3 4 の中心位置から一方のメインバー 6 までの距離と、テーブル 1 3 4 の中心位置から他方のメインバー 6 までの距離と、が一致するように、水平変位機構 1 3 1 を制御することによって取付作業部 1 3 0 の位置を調整する。なお、これらの距離は、既設バーセンサ 1 9 2 の計測値 L 1 3, L 1 4 から算出される。

【 0 1 1 1 】

ステップ S 1 3 4 での取付作業部 1 3 0 の位置調整は、ステップ S 1 3 2 で調整されたアーム部 1 5 1 A, 1 5 1 B と既設サブバー 7 との平行状態を維持したまま、既設サブバー 7 の長手方向と平行する方向（Y 軸方向）に沿ってテーブル 1 3 4 を移動させることにより行われる。

【 0 1 1 2 】

このように一連の調整工程を経て、取付作業部 1 3 0 は、一对のメインバー 6 へサブバー 8 を取り付けのために理想とされる理想位置に位置することになる。なお、ステップ S 1 3 2 からステップ S 1 3 4 で行われる取付作業部 1 3 0 の位置の調整は、別々に行われてもよいし、同時並行で行われてもよい。

【 0 1 1 3 】

ステップ S 1 1 5 で行われる取付作業部 1 3 0 の位置調整が完了すると、一对のメインバー 6 を把持する工程であるステップ S 1 1 6 に進む。

【0114】

次に、ステップS116で行われる作業について、図9のフローチャートと図2を参照して説明する。

【01.15】

この工程では、まず、ステップS141において、制御部190は、昇降部120を伸長させることによって、各把持部155A、155Bによりメインバー6を把持可能な位置まで取付作業部130を上昇させる。

【0116】

なお、取付作業部130を上昇させる際、各アーム部151A、151Bは、サブバー8の長さに応じて予め設定された長さに伸長しており、Y軸方向における第1把持部155Aと第2把持部155Bとの間の間隔の大きさは、サブバー8の取り付けに適切な大きさとなっている。

【0117】

また、ステップS141において取付作業部130を上昇させる際、第1位置調整部140によって予め保持されたサブバー8が一对のメインバー6に当たってしまうことを避けるために、第1位置調整部140は、前述の図12に示すように、アーム部151A、151Bの伸縮方向に対して、サブバー8を予め設定された角度だけ傾けた状態で保持する。なお、図12に示される状態において、各保持部141A、141Bは、延出部143aがサブバー8の差込部8eに当接した位置において、サブバー8をそれぞれ保持している。

【0118】

続くステップS142において、制御部190は、各把持部155A、155Bに設けられたすべての既設バー載置部158において、メインバー6が載置されたことが検知されたか否かを判定する。

【0119】

すべての既設バー載置部158において、メインバー6が載置されたことが検知されると、ステップS143へ進む一方、メインバー6が載置されたことが検知されない場合は、取付作業部130の上昇を継続させる。なお、メインバー6が設置されていると推定される高さから所定の高さ以上、取付作業部130を上昇させてもメインバー6が載置されたことが検知されない場合には、何らかの異常があるとして、作業を中止し、ステップS120に進むようにしてもよい。

【0120】

ステップS143に進むと、制御部190は、各把持部155A、155Bを制御し、各把持部155A、155Bにより一对のメインバー6を把持させる。

【0121】

このようにステップS116において一对のメインバー6を把持する把持工程が完了すると、続くステップS117において、把持された一对のメインバー6にサブバー8を差し込む差込工程が行われる。

【0122】

次に、ステップS117で行われる作業について、図10のフローチャートと図13～17を参照して説明する。図13は、図12のG-G線に沿う断面を示した断面図であり、図14は、図13のH-H線に沿う断面を示した断面図であり、これらは第1差込口検知部170Aが作動している状態を示している。また、図15は、図13のH-H線に沿う断面を示した断面図であり、第1押付部180Aが作動している状態を示している。また、図16は、図12のJ-J線に沿う断面を示した断面図であり、図17は、図16のK-K線に沿う断面を示した断面図であり、これらは第1押込部160Aが作動している状態を示している。

【0123】

この工程では、まず、ステップS151において、メインバー6の差込口6dの位置の検出が行われる。

【0124】

上述のように、取付作業部130の位置は、基準バーセンサ194a, 194bの計測値から算出されたメインバー6の差込口6dの位置に基づいて調整されているが、算出によって求められた差込口6dの位置は、実際の位置からずれている場合があり、数mm程度のずれであってもサブバー8の取り付け作業に支障をきたすおそれがある。

【0125】

このため、ステップS151では、上述の差込口検知部170A, 170Bによって、実際のメインバー6の差込口6dの位置をそれぞれ検出している。

【0126】

具体的には、制御部190は、差込口検知部170A, 170Bの移動部175を制御し、接触部174をY軸方向及びZ軸方向に移動させた後、シリンダ部173を駆動し、図13に示されるように、メインバー6の平板部6cを挟んで第1接触子171aと第2接触子172aとを互いに近付ける。

【0127】

第1接触子171aと第2接触子172aとが互いに近付いた状態において、制御部190は、移動部175を制御し、接触部174をX軸方向に沿って差込口6dに向けて移動させる。

【0128】

そして、制御部190は、図14に示されるように、メインバー6の規制部6eに第1接触子171aが当接した時点で移動部175を停止させるとともに、X軸方向における接触部174の移動距離、すなわち、規制部6eの位置に関連するデータを移動部175から取得し、取得されたデータに基づき差込口6dの位置座標を求める。

【0129】

このように差込口6dの位置座標を求めると同時に、制御部190は、図15に示されるように、移動部175を制御して、接触部174をZ軸方向及びY軸方向に移動させてメインバー6から離れた位置へと移動させるとともに、X軸方向において停止した移動部175から移動制限部177をメインバー6側へと進出させる。なお、X軸方向における移動部175の作動は、メインバー6へのサブバー8の取り付けが行われるまで禁止される。

【0130】

なお、ステップS151において、何れか一方の差込口検知部170A, 170Bの第1接触子171aが規制部6eに当接しなかった場合や第1接触子171aが規制部6eに当接すると予測される範囲から外れた位置において第1接触子171aが規制部6eに当接した場合は、一对のメインバー6に対する取付作業部130の位置がX軸方向においてずれているおそれがある。このため、このような場合には、各把持部155A, 155Bによる一对のメインバー6の把持を一旦解除し、各差込口検知部170A, 170Bにより検知される差込口6dの位置がほぼ同じ位置となるように、X軸方向における取付作業部130の位置を、水平変位機構131または台車部110によって修正するようにしてもよい。

【0131】

続くステップS152において、制御部190は、ステップS151で検出された差込口6dの位置に基づいて、サブバー8の位置を調整する。

【0132】

具体的には、制御部190は、サブバー8の両端に設けられた差込部8eがメインバー6の差込口6dの近傍にそれぞれ向かうように、移動部147A, 147Bを制御し、保持部141A, 141Bを移動させる。なお、上述のように求められた差込口6dの位置座標と、保持部141A, 141Bの位置座標とは、ベースプレート154を基準とした同じ座標系であることから、差込口6dに向けて保持部141A, 141Bにより保持されたサブバー8の差込部8eを精度良く移動させることが可能である。

【0133】

保持部 141A, 141B の移動は、移動制限部 177 によって X 軸方向における移動が制限されることにより、一旦、完了する。なお、移動部 147A, 147B の第 2 スライダ部 148c には、第 1 スライダ部 148b によって X 軸方向に動かされる際に移動制限部 177 に当接する図示しない当接部が設けられており、この当接部が移動制限部 177 に当接することによって保持部 141A, 141B の X 軸方向における移動が制限される。

【0134】

移動制限部 177 によって保持部 141A, 141B の移動が制限されることでサブバー 8 の位置の調整が完了すると、ステップ S153 に進み、制御部 190 は、押込部 180A, 180B を制御し、サブバー 8 の差込部 8e をメインバー 6 の平板部 6c に対して押し付ける。

【0135】

具体的には、図 15 に示されるように、シリンダ 181 を伸長させてロッド部 181b の先端に取り付けられた当接部 182 をサブバー 8 の差込部 8e に当接させることによって、差込部 8e をメインバー 6 の平板部 6c に接触させる。このように差込部 8e がメインバー 6 の平板部 6c に接した状態とすることによって、差込部 8e を差込口 6d へと確実に差し込むことが可能となる。

【0136】

一方、制御部 190 は、シリンダ 181 を伸長させるのとほぼ同時に、移動制限部 177 を移動部 175 内に引き戻すことによって、保持部 141A, 141B の X 軸方向における移動を許容する。

【0137】

このため、保持部 141A, 141B を X 軸方向に沿ってさらに移動させることによって、平板部 6c に接触した差込部 8e は差込口 6d へと差し込まれることになる。なお、差込口 6d への差込部 8e の差し込みは、第 1 保持部 141A 及び第 2 保持部 141B を同時に移動させることによって、同時に行われてもよいし、時間差をもって第 1 保持部 141A 及び第 2 保持部 141B を移動させることによって、時間差をもって行われてもよい。

【0138】

ここで保持部 141A, 141B を X 軸方向に沿って移動させる第 1 スライダ部 148b の駆動力は、差込部 8e の先端を規制部 6e に当接させるほどの大きさではないことから、差込部 8e を差込口 6d へと確実に押し込むためにステップ S154 へ進む。

【0139】

ステップ S154 では、制御部 190 は、押込部 160A, 160B を制御し、差込部 8e を差込口 6d へと押し込む。

【0140】

具体的には、制御部 190 は、押込部 160A, 160B の移動部 167 を制御し、押圧シリンダ 161 及び挟持部 166 を Y 軸方向及び Z 軸方向に移動させた後、シリンダ部 165 を駆動し、図 16 に示されるように、第 1 挟持片 164a と第 2 挟持片 164b とによりメインバー 6 の平板部 6c を挟持する。

【0141】

そして、メインバー 6 の平板部 6c を第 1 挟持片 164a と第 2 挟持片 164b とにより挟持した状態において、押圧シリンダ 161 を伸長させることによって、図 17 に示されるように、サブバー 8 の差込部 8e に突起 162a を当接させる。これによりサブバー 8 は、差込部 8e の先端が規制部 6e に当接するまで押し込まれる。

【0142】

押込部 160A, 160B は、サブバー 8 の両端部近傍にそれぞれ配置されることから、サブバー 8 は、両端部において押圧シリンダ 161 によって押圧される。これにより、サブバー 8 の両端に設けられた差込部 8e は、一对のメインバー 6 にそれぞれ設けられた差込口 6d に確実に差し込まれ、サブバー 8 は、一对のメインバー 6 に取り付けられた状

態となる。なお、押込部 1 6 0 A, 1 6 0 B によるサブバー 8 の押し込みが完了すると、保持部 1 4 1 A, 1 4 1 B によるサブバー 8 の保持が解除される。

【0 1 4 3】

このようにステップ S 1 1 7 おいて、一对のメインバー 6 へサブバー 8 を差し込む差込工程が完了すると、続くステップ S 1 1 8 において、一对のメインバー 6 の把持状態を解放する工程が行われる。

【0 1 4 4】

次に、ステップ S 1 1 8 で行われる作業について、図 1 1 のフローチャートを参照して説明する。

【0 1 4 5】

この工程では、まず、ステップ S 1 6 1 において、差込口検知部 1 7 0 A, 1 7 0 B により一对のメインバー 6 へのサブバー 8 の取り付け状態が確認される。

【0 1 4 6】

具体的には、上述のステップ S 1 5 1 と同様にして、制御部 1 9 0 は、移動部 1 7 5 を制御し、接触部 1 7 4 をメインバー 6 に沿って差込口 6 d に向けて移動させる。

【0 1 4 7】

一对のメインバー 6 に対してサブバー 8 が正常に取り付けられていれば、接触部 1 7 4 を所定量だけ移動させた時点で、第 1 可動子 1 7 1 に設けられた第 3 接触子 1 7 1 b はサブバー 8 に当接する一方、一对のメインバー 6 に対してサブバー 8 が正常に取り付けられていなければ、接触部 1 7 4 を所定量以上移動させても第 3 接触子 1 7 1 b はサブバー 8 に当接しない。

【0 1 4 8】

このため、制御部 1 9 0 は、サブバー 8 への第 3 接触子 1 7 1 b の当接の有無及び第 3 接触子 1 7 1 b がサブバー 8 へ当接した際の接触部 1 7 4 の移動量に基づいて、サブバー 8 の取り付け状態を確認し、記憶する。

【0 1 4 9】

サブバー 8 の取り付け状態の確認が完了すると、ステップ S 1 6 2 に進み、各把持部 1 5 5 A, 1 5 5 B によるメインバー 6 の把持が解除される。

【0 1 5 0】

ステップ S 1 6 2 において、各把持部 1 5 5 A, 1 5 5 B の第 1 把持片 1 5 6 a 及び第 2 把持片 1 5 6 b は、互いに離れるように支持ピン 1 5 6 c を中心に回動される。これにより、各把持部 1 5 5 A, 1 5 5 B によるメインバー 6 の把持が解除される。

【0 1 5 1】

各メインバー 6 の把持が解除されると、続くステップ S 1 6 3 において、制御部 1 9 0 は、昇降部 1 2 0 を収縮させることによって、取付作業部 1 3 0 を下降させる。

【0 1 5 2】

具体的には、取付作業部 1 3 0 は、ステップ S 1 4 1 において上昇される前の高さまで下降され、初期位置へと戻される。

【0 1 5 3】

このようにステップ S 1 1 8 おいて、一对のメインバー 6 の把持が解除され、取付作業部 1 3 0 が初期位置に戻されると、続くステップ S 1 1 9 において、一对のメインバー 6 へのサブバー 8 の差し込みが正常に完了したか否かが判定される。

【0 1 5 4】

上述のステップ S 1 6 1 においてサブバー 8 が正常に取り付けられていないと判定された場合、制御部 1 9 0 は、作業が正常に完了していないと判定してステップ S 1 2 0 に進む。また、例えば、初期位置へと戻った取付作業部 1 3 0 にサブバー 8 がまだ残っている場合は、サブバー 8 の差し込みが完了していないことが明らかであり、また、例えば、バー位置センサ 1 9 1 によって検出されたサブバー 8 の長手方向が一对のメインバー 6 の長手方向に対して直交した状態となっていない場合には、サブバー 8 の差し込みが正常に完了していない可能性がある。このように作業が正常に完了していないと推定される場合も

、制御部 190 は、作業が正常に完了していないと判定してステップ S 120 に進む。

【0155】

一方、上述のステップ S 161 においてサブバー 8 が正常に取り付けられたと判定され、さらに、取付作業部 130 にサブバー 8 が残っておらず、バー位置センサ 191 によって検出されたサブバー 8 の長手方向も一对のメインバー 6 の長手方向に対して略直交した状態となっている場合には、制御部 190 は、サブバー 8 の差し込みが正常に完了したと判定して、作業の完了を記憶するとともにステップ S 121 に進む。

【0156】

ステップ S 120 では、所定の箇所のメインバー 6 に対してサブバー 8 の取り付けが正常に完了していないとして、制御部 190 は、取付作業不可または取付作業未完了をその原因とともに記憶する。なお、ステップ S 119 及びステップ S 120 で制御部 190 に記憶された作業状況に関する情報は、制御部 190 の通信部 190a を介してサーバ S へと逐次送信される。

【0157】

このため、サーバ S を介して施工ロボット 200 の作業状況を監視するオペレータや現場の作業員は、何れの箇所のメインバー 6 に対してサブバー 8 の取付作業が正常に完了しているかを容易に確認することができるとともに、何れの位置においてサブバー 8 の取付作業をやり直す必要があるかやサブバー 8 の取付作業が行われなかった原因を容易に把握することができる。

【0158】

このようにステップ S 119 及びステップ S 120 において作業状況の記憶が完了すると、ステップ S 121 に進み、制御部 190 は、予定されている取付作業がすべて完了したか否かを確認する。

【0159】

予定されていた取付作業がすべて完了した場合、処理を終了し、次の作業の指示をサーバ S から受信するまで施工ロボット 200 は待機状態となる。

【0160】

一方、予定されていた取付作業がまだ完了していない場合、ステップ S 113 へと戻り、次にサブバー 8 が取り付けられるメインバー 6 の場所へと移動する。このように次の作業場所へと移動する途中で、上述のステップ S 115 において水平変位機構 131 によって調整されたテーブル 134 の位置は初期位置へと戻され、取付作業部 130 には、補充機構 210 からサブバー 8 が供給される（ステップ S 122）。

【0161】

次に、図 5、図 18 及び図 19 を参照し、補充機構 210 によりサブバー 8 が取付作業部 130 へと供給される工程（ステップ S 122）について説明する。図 18 及び図 19 は、図 5 の矢印 L で示される方向から見た図である。

【0162】

補充機構 210 によるサブバー 8 の補充は、図 5 に示されるように、各スライダ 135A、135B を作動させて、把持部 155A、155B を取付作業部 130 の中心から離れた位置に位置させた状態であり、また、昇降部 120 を伸長させた状態で行われる。これにより、把持部 155A、155B に阻害されることなく、また、昇降部 120 を収縮させることなく、次の作業場所へと移動する間にサブバー 8 の補充することが可能である。

【0163】

図 5 に示された状態になると、図 18 の（a）に示されるように、移動部 216 のシリンダ 216a が伸長し、取出部 214 の保持部 215 によって貯留部 211 に貯留されたサブバー 8 が吸引保持される。移動部 216 のスライダ 216b によって、サブバー 8 を保持した保持部 215 が上方（Z 軸方向）に移動した後、シリンダ 216a は収縮する。

【0164】

そして、図 18 の（b）に示されるように、保持部 215 は、移動部 216 の回動機構

216cにより回転中心軸C4を中心に回転された後、中継部218の把持部219に向かって上昇する。

【0165】

サブバー8を把持した把持部219は、図18の(c)に示されるように、移動部220のスライダ220aに沿って上方(Z軸方向)に移動する。

【0166】

サブバー8を把持した把持部219は、図19の(a)に示されるように、移動部220の回転機構220bにより回転中心軸C5を中心に回転された後、再び、スライダ220aに沿って上方に移動する。

【0167】

そして、把持部219により把持されたサブバー8は、図19の(b)に示されるように、移動部224の第1スライダ224bに沿ってX軸方向に移動した保持部223により吸引保持される。なお、保持部223の高さは、テーブル134に固定された移動部224のシリンダ224aが伸長することにより、予め設定された受け取り高さとなっている。

【0168】

サブバー8を保持した保持部223は、図19の(c)に示されるように、サブバー8がテーブル134の略中央に位置するまで、移動部224の第2スライダ224cに沿ってX軸方向に移動する。

【0169】

その後、シリンダ224aが収縮してサブバー8が下方へ移動するとともに、各シリンダ部148aが伸長して保持部141A、141Bが上方へ移動することによって、サブバー8は、保持部141A、141Bによって保持される。その後、図12に示されるように、保持部141A、141Bは、延出部143aがサブバー8の差込部8eに当接した位置においてサブバー8をそれぞれ保持した状態となるように、移動部147A、147Bによってそれぞれ動かされる。

【0170】

このようにしてサブバー8が取付作業部130に供給されると、上述のような工程を経て、サブバー8の取付作業が再び実行される。

【0171】

以上の実施形態によれば、以下に示す効果を奏する。

【0172】

上記構成の施工ロボット200の制御部190は、第1位置調整部140を制御して、一対のメインバー6の差込口6dへサブバー8の差込部8eを差し込むことが可能となるようにサブバー8の位置を調整し、第2位置調整部150を制御して、一対のメインバー6間の間隔を所定の大きさとすることによって、天井スラブ1により支持された一対のメインバー6にサブバー8を取り付けている。

【0173】

このように、第2位置調整部150によって間隔が所定の大きさとされた一対のメインバー6の差込口6dに対して、サブバー8の差込部8eを差し込むことが可能となるようにサブバー8の位置を第1位置調整部140によって調整することによって、サブバー8を一対のメインバー6に対して円滑に、且つ、自動的に取り付けることができる。また、高所作業であるサブバー8の取付作業を施工ロボット200によって行うことによって、作業員の作業負担を軽減するとともに安全性を確保することができる。

【0174】

なお、次のような変形例も本発明の範囲内であり、変形例に示す構成と上述の実施形態で説明した構成を組み合わせたり、以下の異なる変形例で説明する構成同士を組み合わせたりすることも可能である。

【0175】

上記実施形態では、一対の既設バーが一対のメインバー6である場合について説明した

が、一对の既設バーは、一对のメインバーに取り付けられた一对のサブバーであってもよい。この場合、一对のサブバーに対してさらに取り付けられるサブバーがクロスバーに相当し、一对のサブバーに対して略直交するように設けられたメインバーが基準バーに相当する。

【0176】

また、上記実施形態では、ステップS132において、制御部190は、既設サブバー7を基準として、アーム部151A、151Bの伸縮方向が、既設サブバー7の長手方向に対して平行となるように取付作業部130の位置を調整している。これに代えて、一对のメインバー6の位置が比較的安定している場合や基準となる既設サブバー7が設けられていない場合には、一对のメインバー6の何れか一方を基準として、アーム部151A、151Bの伸縮方向が、メインバー6の長手方向に対して直交するように取付作業部130の位置を調整するようにしてもよい。

【0177】

また、上記実施形態では、押込部160A、160Bによって、サブバー8の差込部8eがメインバー6の差込口6dに押し込まれている。これに代えて、メインバー6の差込口6dへのサブバー8の差込部8eの押し込みは、保持部141A、141BをX軸方向に沿って移動させる第1スライダ部148bの駆動力によって行われてもよい。但し、十分な大きさの駆動力を確保するには第1スライダ部148bを大型化する必要があり、施工ロボット200が大型化してしまうおそれがある。このため、上述の押込部160A、160Bの構成を採用することが好ましい。

【0178】

また、上記実施形態では、施工ロボット200に搭載されるシリンダやモータといったアクチュエータが電動式またはエア駆動式である場合について説明したが、アクチュエータの駆動方式は、電動式及びエア駆動式の何れであってもよく、また、油圧駆動式であってもよい。

【0179】

また、上記実施形態では、施工ロボット200は、台車部110の情報取得器115によって取得された周辺の情報に基づいて自己位置を認識している。施工ロボット200は、自己位置の認識精度を向上させるために、情報取得器115に加えて、ジャイロセンサや方位センサ、加速度センサを備えていてもよい。

【0180】

以上、本発明の実施形態について説明したが、上記実施形態は本発明の適用例の一部を示したに過ぎず、本発明の技術的範囲を上記実施形態の具体的構成に限定する趣旨ではない。

請求の範囲
CLAIMS

請求項 1

天井スラブにより支持された一对の既設バーにクロスバーを取り付ける枠体施工ロボットであって、
床面を移動可能な台車部と、
前記台車部上に載置される昇降部と、
前記昇降部上に載置され、一对の前記既設バーに前記クロスバーを取り付ける作業を行う取付作業部と、
一对の前記既設バーの状態を検知可能な既設バー検知部と、
前記既設バー検知部により検出された一对の前記既設バーの状態に基づいて前記取付作業部の作動を制御する制御部と、を備え、
前記取付作業部は、
前記クロスバーを保持するとともに、前記クロスバーの両端部にそれぞれ設けられた差込部が一对の前記既設バーにそれぞれ設けられた差込口に近付くように前記クロスバーの位置を調整可能な第 1 位置調整部と、
一对の前記既設バー間の間隔を所定の大きさとすることが可能な第 2 位置調整部と、を有し、
前記制御部は、間隔が所定の大きさである一对の前記既設バーの前記差込口へ前記差込部を差し込むことが可能となるように、前記第 1 位置調整部を制御して、前記クロスバーの位置を調整する、
枠体施工ロボット。

請求項 2

請求項 1 に記載の枠体施工ロボットであって、
一对の前記既設バーに対して略直交するように設けられた基準バーの状態を検知可能な基準バー検知部をさらに備え、
前記第 2 位置調整部は、一对の前記既設バーを把持可能な一对の把持部を有し、
前記制御部は、一对の前記把持部により一对の前記既設バーを把持させる前に、前記基準バー検知部により検知された前記基準バーの長手方向に対して、一对の前記把持部による一对の前記既設バーの把持方向が直交するように、前記取付作業部の位置を調整する、
枠体施工ロボット。

請求項 3

請求項 1 または 2 に記載の枠体施工ロボットであって、
前記第 1 位置調整部は、前記差込部を一对の前記既設バーに対して押し付け可能な押付部を有する、
枠体施工ロボット。

請求項 4

請求項 1 または 2 に記載の枠体施工ロボットであって、
前記第 1 位置調整部は、
前記クロスバーの一端側を保持する第 1 保持部と、
一对の前記既設バーと平行な方向及び直交する方向に前記第 1 保持部を移動可能な第 1 移動部と、
前記クロスバーの他端側を保持する第 2 保持部と、
一对の前記既設バーと平行な方向及び直交する方向に前記第 2 保持部を移動可能な第 2 移動部と、を有し、
前記制御部は、前記第 1 移動部及び前記第 2 移動部を制御して、前記クロスバーの両端

部にそれぞれ設けられた前記差込部を前記差込口に向けて移動させる、
枠体施工ロボット。

請求項 5

請求項 1 または 2 に記載の枠体施工ロボットであって、
一対の前記既設バーにそれぞれ設けられた前記差込口の位置を検知する差込口検知部をさらに備え、
前記制御部は、前記差込口検知部により検知された前記差込口の位置に基づいて、前記第 1 位置調整部を制御して、前記差込口へ前記差込部を差し込むことが可能となるように前記クロスバーの位置を調整する、
枠体施工ロボット。

請求項 6

請求項 1 または 2 に記載の枠体施工ロボットであって、
前記取付作業部は、前記クロスバーの端部を押圧することによって前記差込部を前記差込口に押し込む押込部をさらに有し、
前記制御部は、前記第 1 位置調整部を制御し、前記差込口に向けて前記差込部を移動させた後、前記押込部を制御し、前記差込部を前記差込口へと押し込む、
枠体施工ロボット。

請求項 7

請求項 1 または 2 に記載の枠体施工ロボットであって、
前記昇降部と前記取付作業部との間に設けられ、前記取付作業部の水平方向位置を調整可能な水平変位機構をさらに備える、
枠体施工ロボット。