

枠体施工システム

FRAME BODY INSTALLATION SYSTEM

技術分野

【0001】

本発明は、枠体施工システムに関する。

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システムが開示されている。

発明の概要

【0003】

J P 2 0 1 8 - 1 2 3 6 4 5 Aに記載された施工システムは、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機構（ロボット）を備えているものの、枠体を設置する機構については備えていない。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システム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、天井スラブに取り付けられた支持部材に枠体のメインバーを取り付ける枠体施工システムは、メインバーを保持する保持作業部と、保持作業部により保持されたメインバーの位置を調整する位置調整部と、保持作業部により保持されたメインバーを、連結部材を介して既設メインバーに連結する作業を行う連結作業部と、保持作業部により保持されたメインバーを、取付金具を介して、支持部材に固定する作業を行う固定作業部と、保持作業部、位置調整部、連結作業部及び固定作業部をそれぞれ移動可能な移動部と、保持作業部、位置調整部、連結作業部、固定作業部及び移動部の作動を制御する制御部と、を備え、制御部は、移動部を制御し、保持作業部、位置調整部、連結作業部及び固定作業部を所定の位置へとそれぞれ移動させ、位置調整部を制御し、メインバーを既設メインバーに接近させた後、連結作業部を制御し、連結部材を介してメインバーと既設メインバーとを連結し、固定作業部を制御し、取付金具を介してメインバーを支持部材に固定する。

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システム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、図1のA-A線に沿う断面において第1ロボットを見たときの第1ロボットの把持部を示す図である。

図3は、図2に示される把持部の作動を説明するための図である。

図4は、図1のB-B線に沿う断面において第1ロボットを見たときの第1ロボットの連結部材取付部を示す図である。

図5は、図4に示される連結部材取付部の作動を説明するための図である。

図6は、図1のC-C線に沿う断面において第1ロボットを見たときの第1ロボットの連結部材押圧部を示す図である。

図 7 は、図 6 に示される連結部材押圧部の作動を説明するための図である。

図 8 は、図 7 の矢印 D で示される部分を拡大して示した拡大図であり、連結部材押圧部の作動を説明するための図である。

図 9 は、図 8 と同じ部分の拡大図であり、連結部材押圧部により押圧された連結部材の状態を示す図である。

図 10 は、図 1 に示される第 2 ロボットを上方から見た上面図である。

図 11 は、図 10 に示されるボルト把持部を拡大して示した拡大図である。

図 12 は、図 11 に示されるボルト把持部の作動を説明するための図である。

図 13 は、図 10 の E-E 線に沿う断面において第 2 ロボットを見たときの第 2 ロボットのナット取付部を示す図である。

図 14 は、図 13 に示されるナット取付部の作動を説明するための図である。

図 15 は、ナット取付部の作動を説明するための図であり、図 14 に続く状態を示す図である。

図 16 は、ナット取付部の作動を説明するための図であり、図 15 に続く状態を示す図である。

図 17 は、図 1 に示される第 2 ロボットのハンガ取付部を拡大して示した拡大図であり、ハンガ取付部の作動を説明するための図である。

図 18 は、ハンガ取付部の作動を説明するための図であり、図 17 に続く状態を示す図である。

図 19 は、ハンガ取付部の作動を説明するための図であり、図 18 の F-F 線に沿う断面において取付金具を見た状態を示す図である。

図 20 は、ハンガ取付部の作動を説明するための図であり、図 19 に続く状態を示す図である。

図 21 は、ハンガ取付部の作動を説明するための図であり、ハンガ取付部内でのハンガの補充について説明するための図である。

図 22 は、図 1 の G-G 線に沿う断面において第 2 ロボットを見たときの第 2 ロボットのハンガ貯留部を示す図である。

図 23 は、ハンガ貯留部の作動を説明するための図であり、図 22 に続く状態を示す図である。

図 24 は、図 1 に示される第 2 ロボットの締付部を上方から見た上面図を拡大して示した拡大上面図である。

図 25 は、締付部の作動を説明するための図であり、図 24 の H-H 線に沿う断面において取付金具を締結した状態を示す図である。

図 26 は、枠体施工システム全体の構成を示すブロック図である。

図 27 は、枠体施工システムが実行する作業の手順を示したフローチャートである。

図 28 は、第 2 ロボットによるメインバーの取得について説明するための概略図である。

図 29 は、メインバーの位置調整について説明するための概略図である。

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システムについて説明する。

【0008】

本発明の実施形態に係る枠体施工システムは、図 1 に示すように、天井スラブ 1 に取り付けられた吊りボルト 4a（支持部材）にハンガ 5（取付金具）を介してメインバー 7 を取り付ける作業を行うシステムであり、外部からの操作を必要としない複数の自律型ロボットによって構成される。

【0009】

図 1 には、2 台のロボット 100、200 によって行われるメインバー 7 の取り付け作業をメインバー 7 の長手方向に対して直交する方向から見た状態が示されている。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 7 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 7 の長手方向に直交する方向であり、Z 軸が略鉛直方向であるものとして、各ロボット 100, 200 の構成及び作動を説明する。なお、図 1 は、各ロボット 100, 200 とメインバー 7 や予め設置されたメインバーである既設メインバー 6 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, 7 や図示しないサブバーといった枠体を構成する部材を、ハンガ 5 を介して吊り下げ支持する吊りボルト 4 a 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, 7 は、規格化された既製品であって、例えば、後述する図 8 に示すように、ハンガ 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】

サブバーは、メインバー 6, 7 と同様に、断面が略 T 字状のバー部材（Tバー）であり、その両端には、サブバーをメインバー 6, 7 に取り付けるための差込部が設けられる。

【0013】

上記形状のメインバー 6, 7 とサブバー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。

【0014】

ハンガ 5 は、吊りボルト 4 a（支持部材）に対してメインバー 6, 7 を取り付けるために用いられる取付金具であり、メインバー 6, 7 に固定される際に締め付けられるネジ 5 a（締結部材）を有するとともに、後述する図 17 及び図 18 に示されるように、吊りボルト 4 a が挿通する挿通孔 5 c が形成されたフランジ 5 b を有する。吊りボルト 4 a に対するハンガ 5 の移動は、上方に取り付けられたナット 4 b と下方に取り付けられたナット 4 b とにより制限される。

【0015】

本実施形態に係る枠体施工システムは、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 に取り付けられた吊りボルト 4 a（支持部材）にナット 4 b とハンガ 5（取付金具）を取り付けるとともに、ハンガ 5 を介してメインバー 7 を吊りボルト 4 a に取り付けるという高所作業を実行可能な構成を備える。

【0016】

次に、図 1～26 を参照し、枠体施工システムの構成について説明する。

【0017】

枠体施工システムは、新たに設置されるメインバー 7 を保持する保持作業部 140 と、保持作業部 140 により保持されたメインバー 7 の位置を調整する作業を行う位置調整部 145 と、吊りボルト 4 a（支持部材）にハンガ 5（取付金具）を取り付けるとともにハンガ 5 を介して保持作業部 140 により保持されたメインバー 7 を吊りボルト 4 a に対して固定する作業を行う固定作業部 150, 160, 180, 210 と、を備えた第 2 ロボット 200 と、第 2 ロボット 200 の保持作業部 140 により保持されたメインバー 7 を予め設置されたメインバーである既設メインバー 6 に連結部材 8 を介して連結する作業を行う連結作業部 40, 60, 70 を備えた第 1 ロボット 100 と、の 2 台の自律型ロボットにより構成される。なお、第 2 ロボット 200 は、後述のように、メインバー 7 を取得し運搬する機能を併せ持っている。

【0018】

まず、第1ロボット100の構成及び作動について、図1～9及び図26を参照して説明する。

【0019】

第1ロボット100は、図1に示すように、床面2を移動可能な移動部10と、移動部10上に載置される昇降部20と、昇降部20上に載置される連結作業部40、60、70と、移動部10、昇降部20及び連結作業部40、60、70の作動を制御する図示しない制御部80と、を備える。

【0020】

移動部10は、床面2を全方向に自走可能な走行装置であり、本体部11と、本体部11に取り付けられた一对の車輪14と、一对の車輪14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14を別々に駆動することによって、移動部10は、その場で旋回することが可能である。なお、移動部10に設けられたバッテリーは、昇降部20及び連結作業部40、60、70へ電力を供給する電力供給源としても使用される。

【0021】

移動部10を、その場で旋回させる構成としては、一对の車輪14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、移動部10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。

【0022】

また、移動部10には、移動部10周辺の情報を取得可能な情報取得器15が設けられる。情報取得器15は、移動部10の周囲や移動部10の上方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15によって撮像された画像は制御部80へと送られ、移動部10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15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、3D-LiDAR(light detection and ranging)センサが用いられてもよい。

【0023】

移動部10上に取り付けられる昇降部20は、多段型の電動ジャッキであり、上下方向(Z軸方向)に沿って伸縮可能な構成を有する。昇降部20の上端には、連結作業部40、60、70を設置するための設置プレート21が設けられる。

【0024】

連結作業部40、60、70は、既設メインバー6とメインバー7とを連結部材8によって連結する作業を行うための各機構を備えた部分であり、既設メインバー6及びメインバー7を把持可能な把持部40と、既設メインバー6及びメインバー7に連結部材8を取り付ける連結部材取付部60と、既設メインバー6及びメインバー7に取り付けられた連結部材8を押圧する連結部材押圧部70と、を有する。連結部材取付部60及び連結部材押圧部70は、既設メインバー6とメインバー7とを連結部材8によって連結する連結部として機能する。

【0025】

連結作業部40、60、70は、昇降部20の設置プレート21上に電動スライダ32を介して設けられたテーブル31に設置される。電動スライダ32は、図1においてY軸方向に伸縮するように設置されている。このため、電動スライダ32を伸縮させることにより、テーブル31及びテーブル31に設置された連結作業部40、60、70を設置プレート21に対して水平方向に沿って移動させることが可能である。

【0026】

把持部40は、図1においてX軸方向に所定の間隔をあけて配置された第1把持部41と第2把持部42との2つの把持機構を有する。なお、図1には、第1把持部41が既設

メインバー 6 の端部を把持し、第 2 把持部 4 2 がメインバー 7 の端部を把持している状態が示されている。

【 0 0 2 7 】

第 1 把持部 4 1 は、平行開閉型の把持機構であり、図 2 に示すように、第 1 把持片 4 3 と、第 2 把持片 4 4 と、第 1 把持片 4 3 と第 2 把持片 4 4 とを互いに近付けたり離したりすることが可能な把持シリンダ 4 6 と、により構成される。なお、図 2 は、図 1 の A-A 線に沿う断面において第 1 ロボット 1 0 0 を見たときの第 1 把持部 4 1 を示す図であり、第 1 把持部 4 1 以外の機構については図示を省略している。

【 0 0 2 8 】

第 1 把持片 4 3 と第 2 把持片 4 4 とは、一端部において連結軸 4 5 を介して互いに回転可能に連結されており、第 1 把持片 4 3 は、把持シリンダ 4 6 の第 1 可動片 4 7 に連結軸 4 3 b を介して連結され、第 2 把持片 4 4 は、把持シリンダ 4 6 の第 2 可動片 4 8 に連結軸 4 4 b を介して連結される。

【 0 0 2 9 】

また、Y 軸方向において互いに対向する第 1 把持片 4 3 の側面と第 2 把持片 4 4 の側面とは、メインバー 6, 7 の外形形状に合わせて形成された把持面 4 3 a, 4 4 a がそれぞれ設けられる。これら第 1 把持片 4 3 及び第 2 把持片 4 4 は、図 1 に示すように、把持シリンダ 4 6 を挟んで一対設けられる。

【 0 0 3 0 】

第 1 可動片 4 7 及び第 2 可動片 4 8 は、図 2 に示されるように Y 軸方向において互いに接近した第 1 位置と、図 3 に示されるように Y 軸方向において互いに離れた第 2 位置と、の 2 つの位置の間で移動可能であり、その位置は把持シリンダ 4 6 により調整される。

【 0 0 3 1 】

第 1 可動片 4 7 及び第 2 可動片 4 8 が第 1 位置にあるとき、図 2 に示されるように第 1 把持片 4 3 の把持面 4 3 a 及び第 2 把持片 4 4 の把持面 4 4 a がメインバー 6, 7 に当接し、メインバー 6, 7 は、第 1 把持片 4 3 及び第 2 把持片 4 4 により把持された状態となる。

【 0 0 3 2 】

一方、第 1 可動片 4 7 及び第 2 可動片 4 8 が第 2 位置にあるとき、図 3 に示されるように、メインバー 6, 7 は第 1 把持片 4 3 及び第 2 把持片 4 4 により把持されない状態となる。

【 0 0 3 3 】

なお、第 1 可動片 4 7 及び第 2 可動片 4 8 を第 1 位置から第 2 位置へと僅かに移動させることで、第 1 把持片 4 3 及び第 2 把持片 4 4 により僅かな隙間を介してメインバー 6, 7 を把持させること、すなわち、比較的小さい力によってメインバー 6, 7 を X 軸方向に移動させることが可能な状態とすることも可能である。

【 0 0 3 4 】

第 1 把持片 4 3 及び第 2 把持片 4 4 によるメインバー 6, 7 の把持を補助するために、把持シリンダ 4 6 の上面には、メインバー 6, 7 のフランジ部 6 b が載置される支持プレート 4 9 が設けられる。第 1 可動片 4 7 及び第 2 可動片 4 8 には、支持プレート 4 9 との干渉を避けるための溝や段差が適宜設けられる。

【 0 0 3 5 】

第 2 把持部 4 2 は、第 1 把持部 4 1 と同じ構成であるため、その説明を省略する。なお、第 1 把持部 4 1 と第 2 把持部 4 2 とは、それぞれ独立して制御され、一方を把持状態とし、他方を開放状態とすることも可能である。

【 0 0 3 6 】

連結部材取付部 6 0 は、図 4 に示すように、連結部材 8 を保持可能な保持部 6 1 と、保持部 6 1 の位置を変化させる電動シリンダ 6 2 及び回転モータ 6 5 と、メインバー 6, 7 の平板部 6 c に取り付けられた連結部材 8 を支える支持シリンダ 6 7 と、を有する。なお、図 4 は、図 1 の B-B 線に沿う断面において第 1 ロボット 1 0 0 を見たときの連結部材

取付部 6 0 を示す図であり、連結部材取付部 6 0 以外の機構については図示を省略している。

【 0 0 3 7 】

保持部 6 1 は、図示しないバキュームポンプで生じた負圧によって連結部材 8 を吸引保持し、負圧の供給が遮断されることにより連結部材 8 を解放する構造を有する。なお、保持部 6 1 による連結部材 8 の保持は、電磁力によるものであってもよく、この場合、電磁力のオンオフによって連結部材 8 の保持及び解放が行われる。

【 0 0 3 8 】

電動シリンダ 6 2 は、回転モータ 6 5 の回転部 6 6 に固定されるシリンダ部 6 3 と、シリンダ部 6 3 から突出するロッド部 6 4 と、を有するリニアアクチュエータであり、ロッド部 6 4 の先端には、上述の保持部 6 1 が取り付けられている。保持部 6 1 及び電動シリンダ 6 2 は、回転モータ 6 5 が回転することによって、Y-Z 平面に沿って回転する。

【 0 0 3 9 】

回転モータ 6 5 は、サーボモータまたはステッピングモータであり、回転中心 C 1 が X 軸方向と平行となるように、テーブル 3 1 に立設された支柱 3 5 に固定される。

【 0 0 4 0 】

支持シリンダ 6 7 は、支柱 3 5 から延びるブラケット 6 8 に固定されるシリンダ部 6 7 a と、シリンダ部 6 7 a から突出するロッド部 6 7 b と、を有するリニアアクチュエータであり、ロッド部 6 7 b の先端には、連結部材 8 に押し当てられる当接部 6 7 c が取り付けられている。

【 0 0 4 1 】

上記構成の連結部材取付部 6 0 によれば、電動シリンダ 6 2 の伸縮中心 C 2 の延長線上にメインバー 6, 7 の平板部 6 c が位置するように、電動シリンダ 6 2 の向きが回転モータ 6 5 によって調整された状態において、電動シリンダ 6 2 を伸長させることにより、図 4 に示すように、保持部 6 1 で保持された連結部材 8 をメインバー 6, 7 の平板部 6 c に取り付けることが可能である。なお、連結部材 8 は、図 1 に示すように、既設メインバー 6 の平板部 6 c とメインバー 7 の平板部とに架け渡されるようにして取り付けられる。

【 0 0 4 2 】

また、上記構成の連結部材取付部 6 0 によれば、電動シリンダ 6 2 の伸縮中心 C 2 の延長線上にテーブル 3 1 上に積載された連結部材 8 が位置するように、電動シリンダ 6 2 の向きが回転モータ 6 5 によって調整された状態において、電動シリンダ 6 2 を伸長させることにより、図 5 に示すように、保持部 6 1 により新たな連結部材 8 を保持させることが可能である。なお、テーブル 3 1 には、複数の連結部材 8 を保管可能な図示しない連結部材ホルダが設けられる。

【 0 0 4 3 】

このように連結部材取付部 6 0 によってメインバー 6, 7 に取り付けられた連結部材 8 は、メインバー 6, 7 に対して完全に固定された状態ではない。このため、連結部材 8 をメインバー 6, 7 に固定させるための機構として、連結部材押圧部 7 0 が設けられる。

【 0 0 4 4 】

なお、連結部材押圧部 7 0 によって連結部材 8 がメインバー 6, 7 に固定されるまでの間に連結部材 8 が落下することを防止するために、連結部材 8 には、図 4 に示されるように、伸長した支持シリンダ 6 7 の当接部 6 7 c が押し当てられる。連結部材 8 の落下を確実に防止するためには、上記構成の支持シリンダ 6 7 を、電動シリンダ 6 2 を挟んで一対設けておくことが好ましい。

【 0 0 4 5 】

連結部材押圧部 7 0 は、図 6 に示すように、押圧用シリンダ 7 2 と、押圧用シリンダ 7 2 の伸縮に応じて変位する第 1 押圧レバー 7 5 と、第 1 押圧レバー 7 5 の変位に連動して変位する第 2 押圧レバー 7 6 と、押圧用シリンダ 7 2、第 1 押圧レバー 7 5 及び第 2 押圧レバー 7 6 が取り付けられる平板状のベースプレート 7 1 と、を有する。なお、図 6 は、図 1 の C-C 線に沿う断面において第 1 ロボット 1 0 0 を見たときの連結部材押圧部 7 0

を示す図であり、連結部材押圧部 7 0 以外の機構については図示を省略している。

【 0 0 4 6 】

押圧用シリンダ 7 2 は、ベースプレート 7 1 に支持軸 7 3 a を介して回動可能に固定されるシリンダ部 7 3 と、シリンダ部 7 3 から突出するロッド部 7 4 と、を有する電動リニアアクチュエータである。

【 0 0 4 7 】

第 1 押圧レバー 7 5 は、一端に第 1 押圧部 7 5 c が設けられ他端に長孔 7 5 d が形成された本体部 7 5 a と、本体部 7 5 a から分岐し連結ピン 7 7 a を介して押圧用シリンダ 7 2 のロッド部 7 4 と連結される分岐部 7 5 b と、を有する平板状部材であり、本体部 7 5 a の中間部において支持軸 7 5 e を介してベースプレート 7 1 に回動可能に固定される。

【 0 0 4 8 】

第 2 押圧レバー 7 6 は、一端に第 2 押圧部 7 6 c が設けられ他端において支持軸 7 6 d を介してベースプレート 7 1 に回動可能に固定される本体部 7 6 a と、本体部 7 6 a から分岐する分岐部 7 6 b と、を有する平板状部材であり、第 1 押圧レバー 7 5 の長孔 7 5 d を挿通する連結ピン 7 7 b を介して分岐部 7 6 b が第 1 押圧レバー 7 5 の本体部 7 5 a に連結されている。

【 0 0 4 9 】

第 1 押圧部 7 5 c と第 2 押圧部 7 6 c とは、互いに対向するように配置されており、第 1 押圧レバー 7 5 及び第 2 押圧レバー 7 6 は、押圧用シリンダ 7 2 が収縮すると、図 7 に示すように、第 1 押圧部 7 5 c と第 2 押圧部 7 6 c とが互いに離れるように変位し、押圧用シリンダ 7 2 が伸長すると、図 6 に示すように、第 1 押圧部 7 5 c と第 2 押圧部 7 6 c とが互いに近づくように変位する。

【 0 0 5 0 】

また、連結部材押圧部 7 0 は、テーブル 3 1 に対してベースプレート 7 1 を X 軸方向、Y 軸方向及び Z 軸方向に移動させることが可能な図示しない移動機構を有する。図 7 には、連結部材押圧部 7 0 によって連結部材 8 の押圧を行うために、移動機構によって、図 6 に示されるベースプレート 7 1 よりも Z 軸方向に沿って上方へとベースプレート 7 1 が動かされた状態が示されている。

【 0 0 5 1 】

また、移動機構は、例えば、上述の連結部材取付部 6 0 によってメインバー 6, 7 への連結部材 8 の取り付けが行われる際に、第 2 押圧レバー 7 6 が作業の妨げとならないように、第 2 押圧レバー 7 6 をベースプレート 7 1 とともに、図 6 に示されるように、下方へ移動させるために用いられる。また、移動機構は、後述のように、距離センサ 8 1 によりメインバー 6, 7 までの距離の計測が行われる際に、第 1 押圧レバー 7 5 や第 2 押圧レバー 7 6、ベースプレート 7 1 が計測の障害物とならないように、第 1 押圧レバー 7 5 や第 2 押圧レバー 7 6 をベースプレート 7 1 とともに、X 軸方向へ移動させるために用いられる。

【 0 0 5 2 】

なお、連結部材押圧部 7 0 の移動機構は、3 軸方向に移動可能な構成であればどのような構成であってもよく、例えば、X 軸方向に伸縮するアクチュエータ、Y 軸方向に伸縮するアクチュエータ及び Z 軸方向に伸縮するアクチュエータを組み合わせることにより構成されてもよい。また、テーブル 3 1 には、移動機構によって 3 軸方向に移動する連結部材押圧部 7 0 の移動範囲を確保するために、所定の大きさの切り欠き部 3 1 a が形成される。

【 0 0 5 3 】

続いて、図 8 及び図 9 を参照し、連結部材押圧部 7 0 によって行われる連結部材 8 の押圧について説明する。図 8 及び図 9 は、図 7 の矢印 D で示された部分を拡大して示した図である。

【 0 0 5 4 】

連結部材 8 は、一般的に、図 8 に示されるように、下端部 8 a と、上端部 8 c（差込部

）と、下端部 8 a と上端部 8 c との間に設けられる湾曲部 8 b と、を有し、下端部 8 a がメインバー 6 のフランジ部 6 b の上面に形成された溝 6 d に入り込むことによって、メインバー 6 に対して仮に取り付けられた状態となる。

【 0 0 5 5 】

連結部材 8 が取り付けられたメインバー 6 の平板部 6 c を挟み込むように配置された第 1 押圧レバー 7 5 と第 2 押圧レバー 7 6 とを、図 9 に示されるように、第 1 押圧部 7 5 c と第 2 押圧部 7 6 c とが互いに近づくように押圧用シリンダ 7 2 によって変位させると、連結部材 8 の湾曲部 8 b が平坦状に塑性変形し、結果として、連結部材 8 の上端部 8 c がメインバー 6 の取付部 6 a の下面に形成された溝 6 e （差込口）に入り込むことになる。これにより、連結部材 8 は、メインバー 6 に対して固定された状態となる。

【 0 0 5 6 】

なお、湾曲部 8 b は、連結部材 8 に複数設けられており、例えば、既設メインバー 6 の平板部 6 c とメインバー 7 の平板部とに架け渡される連結部材 8 には、既設メインバー 6 側に 2 つの湾曲部 8 b が設けられ、メインバー 7 側に 2 つの湾曲部 8 b が設けられる。したがって、連結部材 8 を介して既設メインバー 6 とメインバー 7 とを連結させるには、押圧用シリンダ 7 2 を伸長させて何れか 1 つの湾曲部 8 b を押圧した後、押圧用シリンダ 7 2 を収縮させるとともにベースプレート 7 1 を移動機構によって X 軸方向に移動させて、すべての湾曲部 8 b を順次押圧する必要がある。

【 0 0 5 7 】

このように既設メインバー 6 及びメインバー 7 に取り付けられた連結部材 8 の複数の湾曲部 8 b が連結部材押圧部 7 0 によって押圧されることによって、連結部材 8 の上端部 8 c （差込部）が既設メインバー 6 及びメインバー 7 に設けられた溝 6 e （差込口）に差し込まれ、結果として、既設メインバー 6 とメインバー 7 とは、連結部材 8 を介して連結されることになる。

【 0 0 5 8 】

第 1 ロボット 1 0 0 は、上記各機構に加えて、第 1 把持部 4 1 によって把持される既設メインバー 6 の端部の位置及び第 2 把持部 4 2 によって把持されるメインバー 7 の端部の位置を検知可能な距離センサ 8 1 （端部位置検知部）をさらに備える。

【 0 0 5 9 】

距離センサ 8 1 は、計測対象物までの距離をスキャン計測可能な三次元測域センサ（3 D-L i D A R）であり、検出方向が既設メインバー 6 及びメインバー 7 の各端部を向くように、例えば、図 1 及び図 2 に示されるように、検出方向がテーブル 3 1 の切り欠き部 3 1 a を通り上方（Z 軸方向）を向くように、テーブル 3 1 の下面側にブラケット 3 4 を介して固定される。なお、距離センサ 8 1 は、検出方向が既設メインバー 6 及びメインバー 7 の平板部 6 c を指向するように、例えば、検出方向が Y 軸方向と平行となるように、テーブル 3 1 の上方に支柱を介して固定されていてもよい。

【 0 0 6 0 】

また、距離センサ 8 1 は、例えば、比較的測定精度が高いポイント式レーザ距離センサであってもよく、この場合、距離センサ 8 1 は、検出方向が、連結部材取付部 6 0 によって既設メインバー 6 及びメインバー 7 に取り付けられる連結部材 8 の中心位置、すなわち、既設メインバー 6 とメインバー 7 とが当接しない最も接近する位置よりも所定の距離（例えば数 mm 程度）だけ第 2 把持部 4 2 寄りの箇所においてメインバー 6、7 のフランジ部 6 b を指向するように設置される。なお、距離センサ 8 1 は、連結部材 8 の中心位置から第 1 把持部 4 1 寄りの箇所において、既設メインバー 6 のフランジ部 6 b を指向するセンサと、連結部材 8 の中心位置から第 2 把持部 4 2 寄りの箇所において、メインバー 7 のフランジ部を指向するセンサと、の二つのセンサで構成されていてもよい。

【 0 0 6 1 】

距離センサ 8 1 の検出値（距離）は、制御部 8 0 へと送られ、後述のように主に第 1 把持部 4 1 によって把持される既設メインバー 6 の端部に向けて第 2 把持部 4 2 によって把持されるメインバー 7 の端部を接近させる際に用いられる。

【 0 0 6 2 】

制御部 8 0 は、図 2 6 に示すように、距離センサ 8 1 及び情報取得器 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、移動部 1 0、昇降部 2 0、第 1 把持部 4 1、第 2 把持部 4 2、連結部材取付部 6 0 及び連結部材押圧部 7 0 の作動を制御する。制御部 8 0 が行う具体的な制御については、メインバー 7 の取り付け方法（後述）の説明において詳述する。

【 0 0 6 3 】

制御部 8 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 8 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 8 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い。

【 0 0 6 4 】

また、制御部 8 0 には、図 2 6 に示すように、第 1 ロボット 1 0 0 及び第 2 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 3 0 0 とデータの送受信を行うための通信部 8 0 a が設けられる。通信部 8 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 (登録商標) Low Energy) や W i - F i (登録商標) といった近距離無線通信機器であってもよい。通信部 8 0 a は、第 2 ロボット 2 0 0 の制御部 2 2 0 と通信を行う際にも用いられる。

【 0 0 6 5 】

次に、第 2 ロボット 2 0 0 の構成及び作動について、図 1 及び図 1 0 ~ 2 6 を参照して説明する。

【 0 0 6 6 】

第 2 ロボット 2 0 0 は、図 1 に示すように、床面 2 を移動可能な移動部 1 0 と、移動部 1 0 上に載置される昇降部 2 0 と、昇降部 2 0 上に載置される保持作業部 1 4 0、位置調整部 1 4 5 及び固定作業部 1 5 0、1 6 0、1 8 0、2 1 0 と、移動部 1 0、昇降部 2 0、保持作業部 1 4 0、位置調整部 1 4 5 及び固定作業部 1 5 0、1 6 0、1 8 0、2 1 0 の作動を制御する図示しない制御部 2 2 0 と、を備える。

【 0 0 6 7 】

移動部 1 0 及び昇降部 2 0 は、第 1 ロボット 1 0 0 の移動部 1 0 及び昇降部 2 0 と同じ構成であるため、その説明を省略する。

【 0 0 6 8 】

保持作業部 1 4 0 は、図 1 において X 軸方向に所定の間隔をあけて配置された第 1 保持部 1 4 1 及び第 2 保持部 1 4 2 を有する。なお、第 1 保持部 1 4 1 及び第 2 保持部 1 4 2 の構造は、第 1 ロボット 1 0 0 の把持部 4 0 と同じ構造であるため、その説明を省略する。

【 0 0 6 9 】

位置調整部 1 4 5 は、昇降部 2 0 の設置プレート 2 1 と第 1 保持部 1 4 1 との間に設置された電動スライダであり、X 軸方向に沿って伸縮するように設置される。具体的には、位置調整部 1 4 5 は、図 1 に示される状態において、設置プレート 2 1 に対して第 1 保持部 1 4 1 を第 1 ロボット 1 0 0 側に向かって移動可能な状態で設置されている。

【 0 0 7 0 】

このため、位置調整部 1 4 5 の伸長量を制御し、第 1 保持部 1 4 1 により保持されたメインバー 7 の位置を X 軸方向に沿って微調整することによって、メインバー 7 を既設メインバー 6 に対して徐々に近付けることが可能である。

【 0 0 7 1 】

このように、位置調整部 1 4 5 は、既設メインバー 6 に対するメインバー 7 の位置を X 軸方向において調整するために設けられる。なお、第 1 保持部 1 4 1 により保持されたメ

インバー 7 を既設メインバー 6 に近付ける際、第 2 保持部 1 4 2 によるメインバー 7 の保持は解除ないし緩められる。

【 0 0 7 2 】

固定作業部 1 5 0, 1 6 0, 1 8 0, 2 1 0 は、保持作業部 1 4 0 により保持されたメインバー 7 を、ハンガ 5 を介して吊りボルト 4 a に対して固定する作業を行うための各機構を備えた部分であり、吊りボルト 4 a (支持部材) にハンガ 5 (取付金具) を取り付ける金具取付部 1 5 0, 1 6 0, 1 8 0 と、ハンガ 5 に設けられたネジ 5 a (締結部材) を締め付ける締付部 2 1 0 と、を有する。

【 0 0 7 3 】

金具取付部 1 5 0, 1 6 0, 1 8 0 は、図 1 及び図 1 0 に示されるように、吊りボルト 4 a (支持部材) を把持するボルト把持部 1 5 0 と、吊りボルト 4 a にナット 4 b を取り付けるナット取付部 1 6 0 と、吊りボルト 4 a にハンガ 5 (取付金具) を取り付けるハンガ取付部 1 8 0 と、で構成される。

【 0 0 7 4 】

ボルト把持部 1 5 0 は、図 1 1 及び図 1 2 に示すように、支持プレート 1 5 2 に設けられた支持ピン 1 5 3 を中心に回転する一対の把持片 1 5 1 a, 1 5 1 b と、支持プレート 1 5 2 に形成されたスリット 1 5 2 a に沿って移動ピン 1 5 4 を移動させるシリンダ装置 1 5 6 と、により主に構成される。

【 0 0 7 5 】

移動ピン 1 5 4 と各把持片 1 5 1 a, 1 5 1 b とは、一対の連結部材 1 5 5 a, 1 5 5 b を介してそれぞれ連結されており、各把持片 1 5 1 a, 1 5 1 b は、図 1 1 に示されるように、移動ピン 1 5 4 がシリンダ装置 1 5 6 の近くに位置するとき、すなわち、シリンダ装置 1 5 6 が収縮したとき、互いに最も離れた状態となり、図 1 2 に示されるように、移動ピン 1 5 4 がシリンダ装置 1 5 6 から離れた場所に位置するとき、すなわち、シリンダ装置 1 5 6 が伸長したとき、互いに最も近づくことによって吊りボルト 4 a を把持可能な状態となる。

【 0 0 7 6 】

このようにボルト把持部 1 5 0 は、シリンダ装置 1 5 6 が伸縮することに応じて吊りボルト 4 a を把持したり、把持を解除したりすることが可能な構成となっている。

【 0 0 7 7 】

また、ボルト把持部 1 5 0 は、図 1 及び図 1 0 に示されるように、支持プレート 1 5 2 の位置を、Y 軸方向に沿って変化させる電動シリンダ 1 5 7 と、Z 軸方向に沿って変化させる電動シリンダ 1 5 8 と、を有する。これにより、任意の高さで各把持片 1 5 1 a, 1 5 1 b により吊りボルト 4 a を把持できるとともに、各把持片 1 5 1 a, 1 5 1 b によって把持された吊りボルト 4 a の Y 軸方向における位置を変えることができる。

【 0 0 7 8 】

ナット取付部 1 6 0 は、図 1 3 に示すように、保持したナット 4 b を回転させて吊りボルト 4 a に取り付けるナット取付ユニット 1 6 1 と、ナット取付ユニット 1 6 1 にナット 4 b を補充するナット補充ユニット 1 6 6 と、を有する。なお、図 1 3 は、図 1 0 の E-E 線に沿う断面において第 2 ロボット 2 0 0 を見たときのナット取付部 1 6 0 を示す図であり、ナット取付部 1 6 0 以外の機構については図示を省略している。

【 0 0 7 9 】

ナット取付ユニット 1 6 1 は、ナット 4 b を保持可能な形状に形成されたソケット 1 6 2 と、ソケット 1 6 2 を回転駆動させる駆動モータ 1 6 3 と、ソケット 1 6 2 及び駆動モータ 1 6 3 の位置を、X 軸方向に沿って変化させる電動シリンダ 1 6 4 と、Z 軸方向に沿って変化させる図示しない電動シリンダと、を有する。

【 0 0 8 0 】

ソケット 1 6 2 には、ナット 4 b の外周形状 (例えば、六角形) に合わせて形成された凹部 1 6 2 a が設けられているとともに、吊りボルト 4 a が挿通可能な挿通孔 1 6 2 b が Z 軸方向に沿って貫通して形成されている。また、ソケット 1 6 2 の外周面には、駆動モ

ータ 1 6 3 のピニオンギア 1 6 3 a が噛み合うギア 1 6 2 c が円環状に形成されている。

【 0 0 8 1 】

このようにソケット 1 6 2 には、吊りボルト 4 a が挿通可能な挿通孔 1 6 2 b が貫通して設けられていることから、駆動モータ 1 6 3 によってソケット 1 6 2 を回転させながら、図示しない電動シリンダによって、ナット取付ユニット 1 6 1 を吊りボルト 4 a に沿って上昇させることにより、吊りボルト 4 a の所定の位置にナット 4 b を取り付けることができる。

【 0 0 8 2 】

また、ナット取付ユニット 1 6 1 は、吊りボルト 4 a に対してナット 4 b を確実に取り付けるために、吊りボルト 4 a の端部をソケット 1 6 2 に向かってガイドするガイド機構を備えていてもよい。なお、ガイド機構が必要となるのは、吊りボルト 4 a にナット 4 b を最初に噛み合わせるときだけであることから、吊りボルト 4 a とナット 4 b とが噛み合った状態となった後は、ソケット 1 6 2 の移動の妨げとならない位置に移動する構造となっていることが好ましい。

【 0 0 8 3 】

ナット補充ユニット 1 6 6 は、複数のナット 4 b を貯留する貯留部 1 6 7 と、貯留部 1 6 7 に貯留されたナット 4 b を押し上げる押上シリンダ 1 6 8 と、押上シリンダ 1 6 8 によって押し上げられたナット 4 b を保持する保持部 1 7 0 と、保持部 1 7 0 の位置を Z 軸方向に沿って変化させるシリンダ 1 7 1 と、Z 軸方向に延びる支持軸 C 3 を中心に保持部 1 7 0 及びシリンダ 1 7 1 を回動させる回動モータ 1 7 2 と、回動モータ 1 7 2 を支持するために設置プレート 2 1 に立設された支柱 1 7 4 と、を有する。

【 0 0 8 4 】

貯留部 1 6 7 は、支持軸 C 3 から所定の距離だけ離れた位置において、設置プレート 2 1 に立設された棒状部材であり、ナット 4 b の内径よりも径が小さい外径を有する。このため、貯留部 1 6 7 には、複数のナット 4 b が、貫通する棒状部材により内周面が支持された状態で貯留される。

【 0 0 8 5 】

押上シリンダ 1 6 8 は、設置プレート 2 1 に固定されるシリンダ部 1 6 8 a と、シリンダ部 1 6 8 a から上方に突出するロッド部 1 6 8 b と、を有するリニアアクチュエータであり、Z 軸方向に伸縮するように設置されている。また、押上シリンダ 1 6 8 は、ロッド部 1 6 8 b の先端面が、貯留部 1 6 7 の最も下方に貯留されたナット 4 b に接するように配置される。このため、押上シリンダ 1 6 8 を伸長させることにより、貯留部 1 6 7 に貯留された複数のナット 4 b を上方へと移動させることができる。

【 0 0 8 6 】

保持部 1 7 0 は、いわゆる平行開閉グリップであり、対向して配置される一对の可動片 1 7 0 a を有する。一对の可動片 1 7 0 a には、互いに接近したときにナット 4 b の雌ねじ孔に挿通可能な突起部がそれぞれ設けられており、突起部がナット 4 b に挿入された状態で一对の可動片 1 7 0 a を互いに離れる方向に移動させることによってナット 4 b を保持することが可能な構成となっている。

【 0 0 8 7 】

シリンダ 1 7 1 は、回動モータ 1 7 2 により回動される回動プレート 1 7 3 に固定されるシリンダ部 1 7 1 a と、シリンダ部 1 7 1 a から下方に突出するロッド部 1 7 1 b と、を有するリニアアクチュエータであり、Z 軸方向に伸縮するように設置されている。シリンダ 1 7 1 のロッド部 1 7 1 b の先端には保持部 1 7 0 が固定されているため、シリンダ 1 7 1 を伸縮させることによって、保持部 1 7 0 の Z 軸方向における位置を変えることができる。

【 0 0 8 8 】

回動モータ 1 7 2 は、サーボモータまたはステッピングモータであり、回動中心が Z 軸方向と平行となるように、支柱 1 7 4 の先端部に固定される。回動モータ 1 7 2 は、保持部 1 7 0 の位置を、貯留部 1 6 7 からナット 4 b を受け取る第 1 位置と、ソケット 1 6 2

にナット 4 b を受け渡す第 2 位置と、の 2 つの位置に切り替えるように作動する。

【 0 0 8 9 】

上記構成のナット取付部 1 6 0 において、ナット補充ユニット 1 6 6 によって、ナット取付ユニット 1 6 1 へとナット 4 b が補充される際の作動について、図 1 3 から図 1 6 を参照して説明する。

【 0 0 9 0 】

まず、図 1 3 に示すように、貯留部 1 6 7 の上方に保持部 1 7 0 が位置するように、回転モータ 1 7 2 は回転プレート 1 7 3 を回転させる。この状態において、保持部 1 7 0 は、一対の可動片 1 7 0 a を互いに接近させることによって、貯留部 1 6 7 の延長線上に一対の可動片 1 7 0 a の突起部を位置させる。

【 0 0 9 1 】

続いて、図 1 4 に示すように、押上シリンダ 1 6 8 を伸長させることにより複数のナット 4 b を上方へと移動させる。そして、上方へと移動した複数のナット 4 b のうち、最も上方に位置するナット 4 b は、一対の可動片 1 7 0 a の突起部が挿入された状態となる。この状態で一対の可動片 1 7 0 a を互いに離すことにより、1 つのナット 4 b が保持部 1 7 0 により保持される。

【 0 0 9 2 】

保持部 1 7 0 によって 1 つのナット 4 b が保持されると、シリンダ 1 7 1 が収縮し、保持部 1 7 0 は、貯留部 1 6 7 から離れるように上方へと移動する。

【 0 0 9 3 】

そして、シリンダ 1 7 1 が収縮した状態で、回転モータ 1 7 2 は、図 1 5 に示されるように、ソケット 1 6 2 の上方に保持部 1 7 0 が位置するように、支持軸 C 3 を中心に回転プレート 1 7 3 を回転させる。

【 0 0 9 4 】

続いて、図 1 6 に示されるように、シリンダ 1 7 1 を伸長させることにより、保持部 1 7 0 をソケット 1 6 2 へと近付ける。これにより、保持部 1 7 0 によって保持されたナット 4 b は、ソケット 1 6 2 の凹部 1 6 2 a 内に挿入される。この際、凹部 1 6 2 a 内にナット 4 b がスムーズに収容されるようにするために、駆動モータ 1 6 3 は、ソケット 1 6 2 をゆっくりと回転させる一方、保持部 1 7 0 は、一対の可動片 1 7 0 a をゆっくりと近付けることでナット 4 b を保持する力を徐々に低減させる。

【 0 0 9 5 】

以上のような工程を経て、ナット取付ユニット 1 6 1 には、1 つのナット 4 b がナット補充ユニット 1 6 6 によって補充される。なお、ナット補充ユニット 1 6 6 には、貯留部 1 6 7 が 1 つだけ設けられているが、複数の貯留部 1 6 7 を設けておき、押上シリンダ 1 6 8 によってナット 4 b が押し上げられる貯留部 1 6 7 に貯留されたナット 4 b が無くなると、押上シリンダ 1 6 8 によってナット 4 b が押し上げられる貯留部 1 6 7 を別の貯留部 1 6 7 に順次切り替える構成としてもよい。

【 0 0 9 6 】

ハンガ取付部 1 8 0 は、吊りボルト 4 a に取り付けられるハンガ 5（取付金具）を保持するハンガ保持ユニット 1 8 1 と、ハンガ保持ユニット 1 8 1 にハンガ 5 を補充するハンガ補充ユニット 1 9 0 と、を有する。

【 0 0 9 7 】

ハンガ保持ユニット 1 8 1 は、図 1 及び図 1 0 に示されるように、ハンガ 5 を保持する保持部 1 8 2 と、X 軸方向に延びる支持軸 C 4 を中心に保持部 1 8 2 を回転自在に支持する一対の支持モータ 1 8 3 と、一対の支持モータ 1 8 3 が固定される円弧状のプレート 1 8 4 と、プレート 1 8 4 の中心軸 C 5 を中心にプレート 1 8 4 を回転可能な回転モータ 1 8 5 と、回転モータ 1 8 5 が一端に固定される回転プレート 1 8 6 と、X 軸方向に延びる支持軸 C 6 を中心に回転プレート 1 8 6 を回転可能な回転アクチュエータ 1 8 7 と、回転アクチュエータ 1 8 7 が固定されるベースプレート 1 8 8 と、設置プレート 2 1 に対してベースプレート 1 8 8 を Y 軸方向及び Z 軸方向に移動させることが可能な図示しない移動

機構と、を有する。

【0098】

保持部182には、図示しないバキュームポンプで生じた負圧によってハンガ5を吸引保持し、負圧の供給が遮断されることによりハンガ5を解放する吸引保持部182aが設けられる。ハンガ5は、後述する図17及び図18に示されるように、吸引保持部182aによってフランジ5b寄りの側面が保持される。なお、保持部182によるハンガ5の保持は、電磁力によるものであってもよく、この場合、電磁力のオンオフによってハンガ5の保持及び解放が行われる。

【0099】

保持部182は、図1に示されるように、円環状部材の一部を切り欠くことによって形成された円弧状のプレート184の内周円の略中央に配置される。換言すれば、保持部182を支持する一対の支持モータ183は、プレート184の内周円の略中央に保持部182が位置するように、プレート184に固定されている。

【0100】

支持モータ183は、サーボモータまたはステッピングモータであり、回動中心がX軸方向と平行となるように、プレート184の一方の側面に固定される。

【0101】

プレート184の他方の側面には、後述する図17及び図18に示されるように、回動モータ185のピニオンギア185aが噛み合うギア184aが円弧状に形成されている。

【0102】

回動モータ185は、サーボモータまたはステッピングモータであり、回動中心が中心軸C5方向と平行となるように、回動プレート186に固定される。なお、回動モータ185が固定される回動プレート186には、回動モータ185が回転することによってプレート184が円弧状の軌道に沿って移動することをガイドするとともに、プレート184が落下することを防止する図示しないプレート支持部が設けられている。

【0103】

回動アクチュエータ187は、回動モータ185が一端に取り付けられた回動プレート186を、回動プレート186の他端側において支持軸C6を中心に回動させるアクチュエータである。回動アクチュエータ187は、駆動軸が支持軸C6と平行となるように設置されたサーボモータまたはステッピングモータといったモータであってもよいし、伸縮することによって回動プレート186を、支持軸C6を中心に回動させることが可能な直動シリンダ機構であってもよい。

【0104】

上記構成のハンガ保持ユニット181において、保持部182は、ハンガ5のフランジ5bに形成された挿通孔5cの中心軸がプレート184の回動中心である中心軸C5と一致するように、ハンガ5を保持する。このため、保持部182によって保持されたハンガ5は、回動モータ185が回転することによって、挿通孔5cの中心軸を中心として回動することとなる。

【0105】

続いて、図17から図20を参照し、吊りボルト4aにハンガ5が取り付けられる際の上記構成のハンガ保持ユニット181の作動について説明する。

【0106】

まず、図17に示すように、回動アクチュエータ187は、保持部182により保持されたハンガ5のフランジ5bが上方に位置するように、すなわち、挿通孔5cが吊りボルト4aに対向した状態となるように、回動プレート186を回動させる。これによりハンガ保持ユニット181の状態は、図1及び図10に示される待機状態から、吊りボルト4aにハンガ5を装着させることが可能な装着状態へと移行する。

【0107】

そして、図示しない移動機構によりハンガ保持ユニット181を吊りボルト4aに沿っ

て上方へと移動させ、ハンガ 5 の挿通孔 5 c に吊りボルト 4 a を挿入させる。

【0108】

なお、図 17 では図示されていないが、ハンガ 5 の挿通孔 5 c に吊りボルト 4 a を挿入させるにあたって、吊りボルト 4 a は、上述のボルト把持部 150 によって予め把持される。ボルト把持部 150 には、保持部 182 に設けられた図示しないガイド孔に挿入可能な図示しないガイドピンが設けられているため、ガイド孔にガイドピンが挿入されるようにハンガ保持ユニット 181 を上昇させることによって、吊りボルト 4 a を挿通孔 5 c へとスムーズに挿入させることができる。

【0109】

吊りボルト 4 a が挿通孔 5 c に挿入されると、図 18 に示されるように、プレート 184 は中心軸 C 5 を中心に 180° 回転される。

【0110】

図 18 に示される状態では、吊りボルト 4 a の下方に、上述のナット取付ユニット 161 が進入するスペースがないことから、下側のナット 4 b を吊りボルト 4 a に取り付けることができない。このため、支持モータ 183 を所定の角度（例えば、 $20 \sim 30^\circ$ ）だけ回転させることによって、保持部 182 を回転させ、図 19 に示されるように、保持部 182 に保持されたハンガ 5 を吊りボルト 4 a に対して支持軸 C 4 を中心として傾ける。これによりナット取付ユニット 161 が進入するスペースが確保され、ナット取付ユニット 161 によって、吊りボルト 4 a に下側のナット 4 b を取り付けることが可能となる。なお、図 19 では、ハンガ 5 の状態をわかりやすくするために、吊りボルト 4 a 及びハンガ 5 以外の部材については図示を省略している。

【0111】

吊りボルト 4 a への下側のナット 4 b の取り付けが完了すると、一对の支持モータ 183 は、ハンガ 5 の状態がメインバー 7 の取付部 6 a に装着可能な状態、すなわち、ハンガ 5 のフランジ 5 b が略水平な状態となるように、保持部 182 を元の位置へと戻す。

【0112】

そして、ハンガ 5 がメインバー 7 の上方に位置するように、図示しない移動機構によりハンガ保持ユニット 181 を Y 軸方向に沿って移動させた後、図 20 に示されるように、Z 軸方向下方へと移動させる。なお、メインバー 7 にハンガ 5 が装着される際、メインバー 7 は第 1 保持部 141 及び第 2 保持部 142 によって保持された状態となっているため、図示しない移動機構によって、予め設定された位置にハンガ保持ユニット 181 を移動させることで、ハンガ 5 をメインバー 7 の上方に容易に位置させることができる。

【0113】

メインバー 7 へのハンガ 5 の固定は、後述の締付部 210 によりハンガ 5 に設けられたネジ 5 a を締め付けることによって行われる。

【0114】

メインバー 7 へのハンガ 5 の固定が完了すると、吸引保持部 182 a によるハンガ 5 の保持が解除され、ハンガ保持ユニット 181 の状態は、装着状態から図 1 及び図 10 に示される待機状態へと移行する。

【0115】

なお、メインバー 7 へハンガ 5 を装着する方向については、図 20 に示される方向に限定されず、ハンガ 5 をメインバー 7 に装着する前に、中心軸 C 5 を中心にプレート 184 を 180° 回転させ、ハンガ 5 のネジ 5 a が Y 軸方向において図 20 に示される位置とは反対側に位置するように、ハンガ 5 をメインバー 7 に対して装着するようにしてもよい。このように、メインバー 7 に対してハンガ 5 が装着される方向を、Z 軸を中心に反転できるようにしておくことで、ハンガ 5 の取付方向が指定される場合、例えば、ハンガ 5 に隣接して取り付けられる照明機器等とハンガ 5 のネジ 5 a とが干渉するような場合に対しても対応することができる。

【0116】

続いて、ハンガ保持ユニット 181 にハンガ 5 を補充するハンガ補充ユニット 190 に

ついて説明する。

【0117】

ハンガ補充ユニット190は、図1及び図10に示されるように、ハンガ5のフランジ5bを把持可能な把持部191と、把持部191の向きを、水平方向に延びる支持軸C7を中心に変更可能な回転モータ192と、把持部191及び回転モータ192の位置をX軸方向に沿って変位可能なスライド部193と、Z軸方向に延びる支持軸C8を中心に把持部191、回転モータ192及びスライド部193を回転させる回転モータ195と、複数のハンガ5を貯留するハンガ貯留部196と、を有する。

【0118】

把持部191は、対向して配置される一对の可動片191aを有する、いわゆる平行開閉グリップであり、一对の可動片191aを互いに接近させることによってハンガ5のフランジ5bを把持することが可能な構成となっている。

【0119】

回転モータ192は、サーボモータまたはステッピングモータであり、回転中心が水平方向と平行となるように、スライド部193の図示しない可動子に固定されている。

【0120】

スライド部193は、スライド式の電動アクチュエータであり、その本体部は、回転モータ195により回転される回転プレート194の一端に固定される。上述のようにスライド部193の可動子には、把持部191が回転モータ192を介して取り付けられているため、スライド部193を伸縮させることによって、スライド部193の伸縮方向における把持部191の位置を変えることができる。

【0121】

回転モータ195は、サーボモータまたはステッピングモータであり、回転中心がZ軸方向と平行となるように、設置プレート21に固定される。回転モータ195は、把持部191の位置を、ハンガ貯留部196からハンガ5を受け取る第1位置と、ハンガ保持ユニット181にハンガ5を受け渡す第2位置と、の2つの位置に切り替えるように作動する。

【0122】

次に、上記構成のハンガ補充ユニット190によって、ハンガ保持ユニット181へとハンガ5が補充される際の作動について、図1、図10及び図21を参照して説明する。

【0123】

まず、把持部191は、スライド部193の作動によって、図1及び図10に示される位置からX軸方向に沿ってハンガ貯留部196側へと移動し、ハンガ貯留部196において予め所定の位置に置かれたハンガ5のフランジ5bを把持する。

【0124】

なお、図示されていないが、ハンガ貯留部196には、把持部191に設けられた図示しないガイドピンが挿入可能な図示しないガイド孔が設けられている。このため、ガイドピンがガイド孔に挿入されるように把持部191をハンガ貯留部196に向かって移動させることによって、一对の可動片191aをハンガ5のフランジ5bを把持可能な位置へとスムーズに誘導することができる。

【0125】

ハンガ5を把持した把持部191は、スライド部193の作動によってハンガ貯留部196から引き離されるとともに、回転モータ195の回転によって、ハンガ保持ユニット181にハンガ5を受け渡す第2位置（図21参照）へと移動する。

【0126】

そして、第2位置へと移動した把持部191は、図21に示されるように、回転モータ192の回転によって、可動片191aが上方を向いた状態、すなわち、把持部191によって把持されたハンガ5が上方に持ち上げられた状態となる。

【0127】

一方で、ハンガ保持ユニット181は、上述の待機状態から、図21に示されるように

、ハンガ5を受け取り可能な受取状態へと予め移行される。具体的には、ハンガ保持ユニット181は、吸引保持部182aの吸引面が下方を向き、プレート184の切り欠き部を通じて把持部191により把持されたハンガ5を受け取ることができるように、プレート184が回転モータ185により回転される。また、受取状態においてハンガ保持ユニット181は、把持部191により把持されたハンガ5のZ軸方向における位置に合わせて、図示しない移動機構によって予め上方へと移動した状態となっている。

【0128】

そして、ハンガ保持ユニット181は、図示しない移動機構により、保持部182の吸引保持部182aに、把持部191によって把持されたハンガ5がほぼ接した状態となるまで徐々に下方へと移動する。吸引保持部182aによってハンガ5が吸引保持されたことが確認されると、把持部191によるハンガ5の把持が解除される。吸引保持部182aによりハンガ5が吸引保持されたか否かは、例えば、吸引保持部182aに供給される負圧の大きさが所定の大きさを超えたか否かにより判定される。

【0129】

なお、把持部191に設けられた上述の図示しないガイドピンは、保持部182に設けられた上述の図示しないガイド孔に挿入可能である。このため、ガイド孔にガイドピンが挿入されるように保持部182を把持部191に向かって降下させることによって、把持部191に把持されたハンガ5を吸引保持部182aへとスムーズに誘導することができる。

【0130】

ハンガ5をハンガ保持ユニット181へと受け渡した把持部191は、ハンガ貯留部196からハンガ5を受け取る第1位置へと戻り、ハンガ5を受け取ったハンガ保持ユニット181は、待機状態へと戻る。

【0131】

以上のような工程を経て、ハンガ保持ユニット181にはハンガ補充ユニット190によって1つのハンガ5が補充される。

【0132】

続いて、図1、図10、図22及び図23を参照し、ハンガ補充ユニット190のハンガ貯留部196の構成及び作動について説明する。なお、図22は、図1のG-G線に沿う断面において第2ロボット200を見たときのハンガ貯留部196を示す図であり、ハンガ貯留部196以外の機構については図示を省略している。

【0133】

ハンガ貯留部196は、図1及び図10に示されるように、設置プレート21に固定されたベース部197に立設されるハンガ置き場197aと、ハンガ置き場197aの最も下方に置かれたハンガ5を所定の位置へと押し出す押出シリンダ198と、を有する。

【0134】

ハンガ置き場197aは、ネジ5aが水平方向を向くようにしてZ軸方向に積み重ねられた複数のハンガ5をX軸方向において挟み込むように立設された板状部材である。また、ハンガ置き場197aには、ハンガ5のフランジ5bの突起部が差し込まれる隙間がZ軸方向に沿って設けられており、ハンガ置き場197aに置かれたハンガ5は、この隙間にフランジ5bが差し込まれることによって、Y軸方向に移動することが規制される。

【0135】

このようにハンガ置き場197aに積み重ねられたハンガ5は、X軸方向及びY軸方向に移動することが制限されることから、第2ロボット200が走行する際に振動等によってハンガ置き場197aからハンガ5が落下することが防止される。

【0136】

押出シリンダ198は、ベース部197に固定されるシリンダ部198aと、シリンダ部198aから突出するロッド部198bと、を有するリニアアクチュエータであり、Y軸方向に沿って伸縮するように設置される。なお、図22には押出シリンダ198が伸長した状態が示されており、図23には押出シリンダ198が収縮した状態が示されている。

。

【 0 1 3 7 】

ロッド部 1 9 8 b の先端には、図 2 2 及び図 2 3 に示されるように、ハンガ 5 のフランジ 5 b を押圧するための押圧部 1 9 9 が取り付けられている。押圧部 1 9 9 には、X 軸方向においてハンガ 5 に吸着可能な磁石部 1 9 9 a と、ロッド部 1 9 8 b に沿って伸びるプレート部 1 9 9 b と、が設けられる。

【 0 1 3 8 】

磁石部 1 9 9 a は、磁力によりハンガ 5 を保持可能な電磁石または永久磁石であり、把持部 1 9 1 によって把持されるハンガ 5 の位置を一定にするために設けられている。

【 0 1 3 9 】

プレート部 1 9 9 b は、ロッド部 1 9 8 b 及びシリンダ部 1 9 8 a よりも上方側に配置された板状部材であり、押出シリンダ 1 9 8 が伸長した際に、ハンガ置き場 1 9 7 a 内のハンガ 5 が降りてくることを抑制するために設けられる。

【 0 1 4 0 】

押出シリンダ 1 9 8 が伸長することにより、押圧部 1 9 9 によってフランジ 5 b が押圧されたハンガ 5 は、図 2 2 に示されるように、ベース部 1 9 7 に立設された規制部 1 9 7 b に当接するまで移動する。このように規制部 1 9 7 b によって規定されるハンガ 5 の位置が、上述のように把持部 1 9 1 によってハンガ 5 が把持される際の所定位置である。

【 0 1 4 1 】

また、ハンガ貯留部 1 9 6 は、図 2 3 に示されるように、押出シリンダ 1 9 8 が収縮することによって、ハンガ置き場 1 9 7 a から降下したハンガ 5 を磁石部 1 9 9 a に向けて移動させる補助シリンダ 2 0 5 をさらに有する。

【 0 1 4 2 】

補助シリンダ 2 0 5 は、ベース部 1 9 7 に固定されるシリンダ部 2 0 5 a と、シリンダ部 2 0 5 a から突出するロッド部 2 0 5 b と、を有するリニアアクチュエータであり、X 軸方向に沿って伸縮するように設置される。

【 0 1 4 3 】

補助シリンダ 2 0 5 が伸長することにより、押圧部 1 9 9 の前に降下したハンガ 5 は、X 軸方向に沿って僅かに移動し、磁石部 1 9 9 a にくっつきやすい状態になるとともに、ハンガ置き場 1 9 7 a によるフランジ 5 b の移動制限が解除された状態となる。

【 0 1 4 4 】

このように補助シリンダ 2 0 5 によって、ハンガ 5 を、押出シリンダ 1 9 8 により確実に押圧される位置へと移動させることにより、把持部 1 9 1 によりハンガ 5 が把持される位置へと滞りなくハンガ 5 を供給することが可能となる。

【 0 1 4 5 】

なお、図 2 2 に示されるように、押出シリンダ 1 9 8 が伸長した状態から、図 2 3 に示されるように、押出シリンダ 1 9 8 を収縮させると、ハンガ置き場 1 9 7 a に積み重ねられたハンガ 5 は、通常、押圧部 1 9 9 により押圧される位置へと自重によって降下するが、ハンガ置き場 1 9 7 a 内においてハンガ 5 が傾くことによって、降下しにくくなる場合がある。このため、ハンガ置き場 1 9 7 a 内でのハンガ 5 の降下を促すために、ハンガ置き場 1 9 7 a に対して振動や衝撃を付与するアクチュエータが別途設けられてもよい。

【 0 1 4 6 】

以上のような押出シリンダ 1 9 8 及び補助シリンダ 2 0 5 の伸縮作動によって、ハンガ 5 は、把持部 1 9 1 によって把持される所定位置へと順次装填される。なお、ハンガ貯留部 1 9 6 には、ハンガ置き場 1 9 7 a が 1 つだけ設けられているが、複数のハンガ置き場 1 9 7 a を設けておき、押出シリンダ 1 9 8 によってハンガ 5 が押圧されるハンガ置き場 1 9 7 a 内に貯留されたハンガ 5 が無くなると、押出シリンダ 1 9 8 によってハンガ 5 が押圧されるハンガ置き場 1 9 7 a を別のハンガ置き場 1 9 7 a に順次切り替える構成としてもよい。

【 0 1 4 7 】

締付部 2 1 0 は、いわゆる平行開閉グリッパであり、図 2 4 及び図 2 5 に示すように、対向して配置される第 1 可動片 2 1 2 及び第 2 可動片 2 1 3 と、これら可動片 2 1 2、2 1 3 を、Y 軸方向に沿って、互いに近付いたり離したりすることが可能なシリンダ部 2 1 1 と、第 1 可動片 2 1 2 に設けられ、ハンガ 5 のネジ 5 a（締結部材）を締め付け可能な締付モータ 2 1 4 と、設置プレート 2 1 に対してシリンダ部 2 1 1 を Y 軸方向及び Z 軸方向に移動させることが可能であるとともに Z 軸を中心にシリンダ部 2 1 1 を 1 8 0° 回転させることが可能な図示しない移動機構と、により構成される。図 2 4 は、図 1 に示される締付部 2 1 0 を上方から見た上面図であり、図 2 5 は、図 2 4 の H-H 線に沿う断面図であって、ハンガ 5 及びハンガ 5 が取付部 6 a に装着されたメインバー 7 が第 1 可動片 2 1 2 及び第 2 可動片 2 1 3 によって把持された状態が示されている。

【0 1 4 8】

締付モータ 2 1 4 は、サーボモータまたはステッピングモータであり、回転中心が Y 軸方向と平行となるように、第 1 可動片 2 1 2 に固定されている。締付モータ 2 1 4 の回転軸には交換可能なソケット 2 1 5 が取り付けられており、ソケット 2 1 5 は、ハンガ 5 に設けられるネジ 5 a の頭部形状に応じて、締め付けに適した形状のソケットが適宜選定される。

【0 1 4 9】

第 1 可動片 2 1 2 には、第 2 可動片 2 1 3 に向かって突出して形成された第 1 突出部 2 1 2 a が設けられ、第 2 可動片 2 1 3 には、第 1 可動片 2 1 2 に向かって突出して形成された第 2 突出部 2 1 3 a が設けられる。これら突出部 2 1 2 a、2 1 3 a は、上下方向（Z 軸方向）において互い違いに設けられ、これらの形状はハンガ 5 の外形に沿った形状となっている。このため、第 1 可動片 2 1 2 と第 2 可動片 2 1 3 とを近づけることによって、ハンガ 5 を Y 軸方向において確実に把持することが可能である。

【0 1 5 0】

上記構成の締付部 2 1 0 によるハンガ 5 のネジ 5 a（締結部材）の締め付けは、上述のように、ハンガ保持ユニット 1 8 1 によってハンガ 5 がメインバー 7 に装着された状態で行われる（図 2 0 参照）。この際、締付部 2 1 0 は、図示しない移動機構によって、メインバー 7 の下方に移動した後、メインバー 7 のフランジ部 6 b がシリンダ部 2 1 1 の上面に当接するまで上昇する。

【0 1 5 1】

このように第 1 可動片 2 1 2 と第 2 可動片 2 1 3 とによりハンガ 5 を把持する際には、メインバー 7 のフランジ部 6 b がシリンダ部 2 1 1 の上面に当接した状態となり、第 1 突出部 2 1 2 a 及び第 2 突出部 2 1 3 a の形状は、上述のように、ハンガ 5 の外形に沿った形状となっていることから、ハンガ 5 のネジ 5 a の位置とソケット 2 1 5 の位置とを毎回安定して一致させることが可能である。

【0 1 5 2】

なお、締付部 2 1 0 によりハンガ 5 のネジ 5 a を締め付けるにあたって、ハンガ 5 のネジ 5 a が、Y 軸方向において図 2 0 に示される位置とは反対側に位置した状態でハンガ 5 がメインバー 7 に装着されている場合には、メインバー 7 に向けて締付部 2 1 0 を上昇させる前に、締付モータ 2 1 4 を有する第 1 可動片 2 1 2 がネジ 5 a 側に位置するように、図示しない移動機構によって Z 軸を中心にシリンダ部 2 1 1 を 1 8 0° 回転させる。このように、締付部 2 1 0 は、ハンガ 5 のネジ 5 a が、Y 軸方向においてメインバー 7 の何れの側面に位置している場合であってもネジ 5 a を締め付けることが可能な構成となっている。

【0 1 5 3】

第 2 ロボット 2 0 0 は、上記各機構に加えて、吊りボルト 4 a の位置を検知可能な距離センサ 2 2 1 をさらに備える。距離センサ 2 2 1 は、計測対象物までの距離をスキャン計測可能な測域センサ、例えば、2 D-L i D A R（light detection and ranging）センサ、または、3 D-L i D A R センサである。

【0 1 5 4】

距離センサ２２１は、図１に示されるように、水平面における距離計測が行われるように配置されており、吊りボルト４ａの位置を検出する。なお、図１では、距離センサ２２１は、電動シリンダ１５８の本体部の上端に固定されているが、距離センサ２２１の固定位置は、これに限定されず、設置プレート２１に別途立設された支柱に固定されていてもよい。

【０１５５】

距離センサ２２１の検出値（距離）は、制御部２２０へと送られ、後述のように主に第２ロボット２００を所定の位置へと移動させる際に用いられる。

【０１５６】

第２ロボット２００の制御部２２０は、距離センサ２２１及び情報取得器１５により取得されたデータと、予め読み込まれたＢＩＭ等の作業エリアに関するデータとに基づいて、移動部１０、昇降部２０、保持作業部１４０、位置調整部１４５及び固定作業部１５０、１６０、１８０、２１０の作動を制御する。制御部２２０が行う具体的な制御については、メインバー７の取り付け方法（後述）の説明において詳述する。なお、第２ロボット２００は、距離センサ２２１以外に複数の距離センサを備えていてもよい。

【０１５７】

また、制御部２２０には、第１ロボット１００の制御部８０と同様に、通信部２２０ａが設けられる。なお、制御部２２０の具体的な構成は、第１ロボット１００の制御部８０と同じであるため、その説明を省略する。

【０１５８】

続いて、図１～２９を参照し、上記構成の枠体施工システムによって、天井スラブ１に取り付けられた吊りボルト４ａ（支持部材）にハンガ５（取付金具）を介してメインバー７を取り付ける方法について説明する。図２７は、枠体施工システムが実行する作業、すなわち、各ロボット１００、２００が行う作業の手順を示したフローチャートであり、図２８及び図２９は、各作業手順における各ロボット１００、２００の作動を説明するための概略図である。

【０１５９】

各ロボット１００、２００が起動されると、まず、各制御部８０、２２０において、作業エリアに関するデータがそれぞれ読み込まれ、記憶される（ステップＳ１１、Ｓ３１）。具体的には、各通信部８０ａ、２２０ａを介してサーバ３００からＢＩＭ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、ＢＩＭ等の図面データに加えて、既設メインバー６の位置や新たにメインバー７を取り付ける位置や取り付け順序などが含まれる。

【０１６０】

次に、ステップＳ１２、Ｓ３２において、各制御部８０、２２０は、移動部１０の情報取得器１５によって、ロボット１００、２００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ＢＩＭ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、ロボット１００、２００の自己位置、すなわち、図面上での座標を認識する。各制御部８０、２２０は、自己位置を特定するために、ＳＬＡＭ（Simultaneous Localization and Mapping）機能を有していてもよい。

【０１６１】

続くステップＳ１３において、第１ロボット１００の制御部８０は、メインバー７と既設メインバー６とを連結する位置である作業予定場所へと第１ロボット１００を移動させる。具体的には、制御部８０は、メインバー７と既設メインバー６とを連結する位置の座標をステップＳ１１で読み込まれたデータから抽出し、移動部１０を制御することによって第１ロボット１００を抽出された座標に向けて移動させる。第１ロボット１００の移動は、距離センサ８１によって既設メインバー６の位置が認識されることにより完了する。

【０１６２】

一方、第２ロボット２００の制御部２２０は、ステップＳ３３において、メインバー７を取得するために、メインバー７が保管されている地点へと第２ロボット２００を移動さ

せ、図 28 に示すように、保持作業部 140 により 1 本のメインバー 7 を把持させる。

【0163】

メインバー 7 は、例えば、一对の支持部材 9 間に架け渡された状態で保管されており、第 2 ロボット 200 は、一对の支持部材 9 間の下方に入り込み、保持作業部 140 を上昇させつつ、第 1 保持部 141 及び第 2 保持部 142 により 1 本のメインバー 7 を把持する。この際、制御部 220 は、把持されるメインバー 7 の位置を距離センサ 221、情報取得器 15、または、別途設けられる距離センサの検出値に基づいて把握し、移動部 10、昇降部 20 及び保持作業部 140 の作動を制御する。

【0164】

メインバー 7 の取得が完了した第 2 ロボット 200 の制御部 220 は、新たにメインバー 7 を取り付け位置である作業予定場所へと第 2 ロボット 200 を移動させる。具体的には、制御部 220 は、最初にハンガ 5 を介してメインバー 7 が取り付けられる吊りボルト 4a の座標をステップ S31 で読み込まれたデータから抽出し、移動部 10 を制御することによって第 2 ロボット 200 を抽出された座標に向けて移動させる。第 2 ロボット 200 の移動は、距離センサ 221 によって吊りボルト 4a の位置が認識されることにより完了する。

【0165】

制御部 220 は、続くステップ S34 において、昇降部 20 を制御し、保持作業部 140 により保持されたメインバー 7 の高さを、所定の高さ（既設メインバー 6 の高さと同じ高さ）とすることにより、メインバー 7 を仮配置する。そして、メインバー 7 の仮配置が完了したことを第 1 ロボット 100 の制御部 80 へと送信する。

【0166】

メインバー 7 の仮配置の完了を受信した第 1 ロボット 100 の制御部 80 は、ステップ S14 に進み、図 29 に示すように、既設メインバー 6 の端部を第 1 把持部 41 によって把持するとともに、仮配置されたメインバー 7 の端部を第 2 把持部 42 によって把持する。この状態において、メインバー 7 の端部と既設メインバー 6 の端部との間の間隔は、距離センサ 81 により検知可能であり、制御部 80 は、距離センサ 81 の検出値に基づいてメインバー 7 の端部が既設メインバー 6 の端部に接近したか否かを判定することが可能である。

【0167】

このようにメインバー 7 と既設メインバー 6 との間隔が検出可能な状態となると、制御部 80 は、第 2 ロボット 200 の制御部 220 に対して、メインバー 7 を既設メインバー 6 に近付けるよう指示する。

【0168】

また、このとき、第 1 把持部 41 は、既設メインバー 6 の端部を隙間なく当接把持するように、すなわち、第 1 把持部 41 に対して既設メインバー 6 が比較的小さい力で移動してしまうことがないように制御される一方、第 2 把持部 42 は、僅かな隙間を介してメインバー 7 を把持した状態に維持される。

【0169】

上述の指示を受けた第 2 ロボット 200 の制御部 220 は、ステップ S35 に進み、メインバー 7 を既設メインバー 6 に近付けるように位置調整部 145 を制御する。具体的には電動スライダである位置調整部 145 を徐々に伸長し、設置プレート 21 に対してメインバー 7 を保持する第 1 保持部 141 を第 1 ロボット 100 側に向かって移動させる。なお、このとき、第 1 保持部 141 は、メインバー 7 を隙間なく当接把持するように、すなわち、第 1 保持部 141 に対してメインバー 7 が比較的小さい力で移動してしまうことがないように制御される一方、第 2 保持部 142 は、僅かな隙間を介してメインバー 7 を把持した状態とされる。

【0170】

メインバー 7 の端部が既設メインバー 6 の端部に接近したか否かは、第 1 ロボット 100 の制御部 80 によりステップ S15 において判定され、判定結果は、第 2 ロボット 200

0の制御部220へと送信される。これにより、メインバー7の端部が既設メインバー6の端部に接近または当接したと判定されるまでは、制御部220による位置調整部145の制御が継続される。

【0171】

なお、メインバー7の位置の調整は、第2ロボット200の位置調整部145に代えて、または、第2ロボット200の位置調整部145に加えて、第1ロボット100の連結部材押圧部70によって行われてもよい。具体的には、メインバー7の端部を連結部材押圧部70の第1押圧レバー75と第2押圧レバー76とによって把持し、この状態で図示しない移動機構により連結部材押圧部70をX軸方向に沿って既設メインバー6に近付けるように移動させて、メインバー7の端部を既設メインバー6の端部に接近または当接させる。このとき、第2ロボット200の第1保持部141及び第2保持部142は、僅かな隙間を介してメインバー7を把持した状態とされる。このように連結部材押圧部70は、メインバー7の位置の調整する作業を行う位置調整部としても機能する。

【0172】

但し、連結部材押圧部70をX軸方向に沿って移動させる図示しない移動機構による移動長さは比較的短いことから、連結部材押圧部70によるメインバー7の位置の調整は、第2ロボット200の位置調整部145によってメインバー7の端部が既設メインバー6の端部にある程度接近した後に行われることが好ましい。換言すれば、ステップS34において、第2ロボット200によりメインバー7が仮配置された時点で、メインバー7と既設メインバー6との間隔が比較的小さい場合には、連結部材押圧部70のみによってメインバー7の位置を調整することが可能である。

【0173】

ステップS15においてメインバー7の端部が既設メインバー6の端部に接近または当接したと判定されると、第1ロボット100の制御部80は、第2把持部42を、第1把持部41と同様に、メインバー7の端部を隙間なく当接把持するように制御した後、ステップS16に進み、メインバー7と既設メインバー6とを連結する作業を開始する。

【0174】

一方、第2ロボット200の制御部220は、ステップS36に進み、位置調整部145の制御を終了し、第1ロボット100により行われるメインバー7と既設メインバー6との連結作業が完了するまで待機する。

【0175】

ステップS16において、第1ロボット100の制御部80は、まず、電動シリンダ62及び回転モータ65を制御し、図4に示すように、メインバー7及び既設メインバー6に対して、保持部61により保持された連結部材8を取り付ける。なお、連結部材8の取り付けが完了すると、電動シリンダ62及び回転モータ65は、保持部61に新たな連結部材8を保持させるために、図5に示すように制御される。

【0176】

次に、制御部80は、連結部材押圧部70の移動機構及び押圧用シリンダ72を制御し、図7に示すように、連結部材8が取り付けられたメインバー7及び既設メインバー6の平板部を挟み込むように第1押圧レバー75及び第2押圧レバー76を配置させる。そして、第1押圧部75cと第2押圧部76cとが互いに近づくように押圧用シリンダ72を制御し、連結部材8の湾曲部8bを押圧する。

【0177】

既設メインバー6側に位置する複数の湾曲部8bと、メインバー7側に位置する複数の湾曲部8bとが、第1押圧部75c及び第2押圧部76cによって順次押圧されることにより、連結部材8を介したメインバー7と既設メインバー6との連結が完了する。

【0178】

メインバー7と既設メインバー6とを連結する作業が完了すると、ステップS17に進み、制御部80は、把持部40を制御し、第1把持部41による既設メインバー6の把持を解除し、既設メインバー6を解放するとともに、第2把持部42によるメインバー7の

把持を解除し、メインバー7を解放する。また、制御部80は、連結作業の完了を記憶するとともに、連結作業の完了を第2ロボット200の制御部220及びサーバ300へと送信する。

【0179】

続くステップS18において、制御部80は、予定されている連結作業がすべて完了したか否かを確認する。

【0180】

予定されていた連結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300から受信するまで第1ロボット100は待機状態となり、予定されていた連結作業がまだ完了していない場合、ステップS13へと戻り、制御部80は、新たな作業予定場所へと第1ロボット100を移動させる。それ以降、上述のような工程を経て第1ロボット100による作業が繰り返される。

【0181】

一方、第1ロボット100から連結作業の完了を受信した第2ロボット200の制御部220は、ステップS37に進み、吊りボルト4aにナット4b及びハンガ5を取り付ける作業を開始する。

【0182】

ステップS37において、第2ロボット200の制御部220は、まず、ボルト把持部150を制御し、所定の高さにおいて吊りボルト4aを一对の把持片151a、151bにより把持させる。具体的には、制御部220は、距離センサ221の検出値に基づいて吊りボルト4aの位置を把握した後、ボルト把持部150の移動機構を制御し、ボルト把持部150を、吊りボルト4aを把持可能な位置へと移動させる。吊りボルト4aを把持可能な位置へとボルト把持部150が移動した後、制御部220は、シリンダ装置156を伸長させることによって、図12に示されるように、一对の把持片151a、151bにより吊りボルト4aを把持させる。

【0183】

ボルト把持部150によって吊りボルト4aが把持されると、制御部220は、ナット取付ユニット161の移動機構を制御し、ボルト把持部150の位置から推定される吊りボルト4aの位置の下方にソケット162が位置するようにナット取付ユニット161を移動させる。その後、駆動モータ163によりソケット162を回転させながら、ナット取付ユニット161を上昇させて、ソケット162の凹部162a内に収容されたナット4bを吊りボルト4aに取り付ける。

【0184】

吊りボルト4aに対するナット4bの位置がある程度の高さに達すると、制御部220は、ボルト把持部150による吊りボルト4aの把持を解除し、ナット取付ユニット161の上方への移動の妨げとならない位置にボルト把持部150を移動させる。

【0185】

そして、ナット取付ユニット161の上方への移動量に基づいてナット4bの位置が予め設定された高さに到達したことが判定されると、制御部220は、駆動モータ163の回転を停止するとともに、ナット取付ユニット161の移動機構を制御し、ナット取付ユニット161を初期位置へと戻す。初期位置へと戻されたナット取付ユニット161には、上述のように、ナット補充ユニット166からナット4bが補充される（図13から図16参照）。なお、ナット4bの位置が予め設定された高さに到達したか否かは、距離センサ221により検出されるナット取付ユニット161の位置に基づいて判定されてもよい。

【0186】

吊りボルト4aへの1つ目のナット4bの取り付けが完了すると、続いて、吊りボルト4aにハンガ5を取り付けるために、制御部220は、再度、ボルト把持部150により吊りボルト4aを把持させる。そして、ハンガ保持ユニット181の回動アクチュエータ187を制御し、上述のように、保持部182により保持されたハンガ5の挿通孔5cが

吊りボルト 4 a に対向した状態となるように、回動プレート 1 8 6 を回動させる（図 1 7 参照）。

【 0 1 8 7 】

その後、制御部 2 2 0 は、ハンガ保持ユニット 1 8 1 の移動機構を制御して、ハンガ保持ユニット 1 8 1 を上昇させる。これにより、吊りボルト 4 a は、ハンガ 5 の挿通孔 5 c に挿通した状態となる。

【 0 1 8 8 】

ハンガ 5 の挿通孔 5 c に吊りボルト 4 a が挿通した後、制御部 2 2 0 は、回動モータ 1 8 5 を制御し、図 1 9 に示されるように、プレート 1 8 4 を中心軸 C 5 を中心に 1 8 0° 回動させるとともに、吊りボルト 4 a の下方にナット取付ユニット 1 6 1 が進入するスペースを確保するために、支持モータ 1 8 3 を制御し、図 1 9 に示されるように、支持軸 C 4 を中心にハンガ 5 を傾ける。

【 0 1 8 9 】

このようにナット取付ユニット 1 6 1 が進入するスペースが確保されると、制御部 2 2 0 は、再度、ナット取付ユニット 1 6 1 の移動機構及び駆動モータ 1 6 3 を制御し、吊りボルト 4 a に 2 つ目のナット 4 b を取り付ける。

【 0 1 9 0 】

吊りボルト 4 a への 2 つ目のナット 4 b の取り付けが完了し、吊りボルト 4 a へのナット 4 b 及びハンガ 5 の取り付け作業が完了すると、制御部 2 2 0 は、ステップ S 3 8 に進み、メインバー 7 にハンガ 5 を取り付ける作業を開始する。

【 0 1 9 1 】

ステップ S 3 8 において、制御部 2 2 0 は、支持モータ 1 8 3 を制御し、ハンガ 5 の状態をメインバー 7 の取付部 6 a に装着できる状態にした後、ハンガ保持ユニット 1 8 1 の移動機構を制御して、ハンガ保持ユニット 1 8 1 を下降させて、ハンガ 5 をメインバー 7 の取付部 6 a に装着させる（図 2 0 参照）。

【 0 1 9 2 】

メインバー 7 の取付部 6 a にハンガ 5 が装着されると、制御部 2 2 0 は、メインバー 7 に対してハンガ 5 を固定するために、締付部 2 1 0 の移動機構を制御し、締付部 2 1 0 をハンガ 5 の下方へと移動させた後、メインバー 7 のフランジ部 6 b がシリンダ部 2 1 1 の上面に当接するまで締付部 2 1 0 を上昇させる。

【 0 1 9 3 】

その後、制御部 2 2 0 は、締付部 2 1 0 のシリンダ部 2 1 1 を制御し、第 1 可動片 2 1 2 と第 2 可動片 2 1 3 とによりハンガ 5 を把持させる。このとき、ソケット 2 1 5 内にハンガ 5 のネジ 5 a の頭部が収容されるように、制御部 2 2 0 は、締付モータ 2 1 4 を僅かに回転させる。

【 0 1 9 4 】

第 1 可動片 2 1 2 と第 2 可動片 2 1 3 とによりハンガ 5 を把持させた状態で、制御部 2 2 0 は、締付モータ 2 1 4 をネジ 5 a の締め付け方向に回転させる。

【 0 1 9 5 】

締付モータ 2 1 4 への供給電流値等に基づいて、締付モータ 2 1 4 による締め付けトルクが所定の大きさになったことが検知されると、制御部 2 2 0 は、締付モータ 2 1 4 の回転を停止するとともに、シリンダ部 2 1 1 を制御し、第 1 可動片 2 1 2 と第 2 可動片 2 1 3 とによるハンガ 5 の把持を解除する。

【 0 1 9 6 】

このようにハンガ 5 がメインバー 7 に固定されることによって、ハンガ 5（取付金具）を介してメインバー 7 が吊りボルト 4 a（支持部材）に取り付けられた状態となる。また、メインバー 7 にハンガ 5 が固定される度に、ハンガ保持ユニット 1 8 1 には、上述のように、ハンガ補充ユニット 1 9 0 からハンガ 5 が補充される（図 2 1 から図 2 3 参照）。

【 0 1 9 7 】

なお、1 本のメインバー 7 は、少なくとも 2 本の吊りボルト 4 a によって支持されるこ

とから、ステップ S 3 7 及びステップ S 3 8 における取り付け作業は、吊りボルト 4 a の数だけ行われる。

【 0 1 9 8 】

例えば、メインバー 7 が 3 本の吊りボルト 4 a によって支持される場合には、中央の吊りボルト 4 a にナット 4 b 及びハンガ 5 を取り付け、取り付けられたハンガ 5 をメインバー 7 に固定した後、同様にして残り 2 つの吊りボルト 4 a にナット 4 b 及びハンガ 5 を取り付け、取り付けられたハンガ 5 をメインバー 7 に固定することになる。

【 0 1 9 9 】

ここで、第 1 ロボット 1 0 0 は、メインバー 7 と既設メインバー 6 とを連結する作業が完了すると、新たな作業地点へ移動する一方、第 2 ロボット 2 0 0 は、吊りボルト 4 a の数だけ上述の取付作業を行ってから新たな作業地点へ移動することになるため、新たな作業地点において、第 1 ロボット 1 0 0 は、第 2 ロボット 2 0 0 の到着を待つ間、作業を開始することができない。

【 0 2 0 0 】

このため、作業効率の向上の観点からは、1 台の第 1 ロボット 1 0 0 に対して、2 台以上の第 2 ロボット 2 0 0 を組み合わせることが好ましい。

【 0 2 0 1 】

具体的には、例えば、メイン第 2 ロボット 2 0 0 A とサブ第 2 ロボット 2 0 0 B との 2 台の第 2 ロボット 2 0 0 のうち、メイン第 2 ロボット 2 0 0 A を第 1 ロボット 1 0 0 とペアとし、メイン第 2 ロボット 2 0 0 A は、1 つの吊りボルト 4 a に対して上述の取付作業を行った後、第 1 ロボット 1 0 0 と共に新たな作業地点へ移動する一方、残りの吊りボルト 4 a に対する上述の取付作業は、サブ第 2 ロボット 2 0 0 B により行わせるようにしてもよい。

【 0 2 0 2 】

また、第 1 ロボット 1 0 0 のペアを定めることなく、第 1 ロボット 1 0 0 は、作業地点毎に異なる第 2 ロボット 2 0 0 と作業を行うようにしてもよい。具体的には、例えば、第 1 ロボット 1 0 0 は、メイン第 2 ロボット 2 0 0 A と作業を行った後、新たな作業地点において、メイン第 2 ロボット 2 0 0 A とは別のサブ第 2 ロボット 2 0 0 B と作業を行い、さらに次の作業地点において、サブ第 2 ロボット 2 0 0 B とは別のメイン第 2 ロボット 2 0 0 A と作業を行う。この場合、メイン第 2 ロボット 2 0 0 A 及びサブ第 2 ロボット 2 0 0 B は、吊りボルト 4 a の数だけ上述の取付作業を行ってから新たな作業地点へと移動する。

【 0 2 0 3 】

ハンガ 5 を介してメインバー 7 を吊りボルト 4 a に取り付ける作業が完了すると、制御部 2 2 0 は、取り付け作業の完了を記憶するとともに、取り付け作業の完了をサーバ 3 0 0 へと送信する。

【 0 2 0 4 】

続くステップ S 3 9 において、制御部 2 2 0 は、予定されているメインバー 7 の取り付け作業がすべて完了したか否かを確認する。

【 0 2 0 5 】

予定されていた取り付け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 3 0 0 から受信するまで第 2 ロボット 2 0 0 は待機状態となる。

【 0 2 0 6 】

一方、予定されていた取り付け作業がまだ完了していない場合、ステップ S 3 3 へと戻り、制御部 2 2 0 は、第 2 ロボット 2 0 0 にメインバー 7 を取得させた後、次にメインバー 7 を取り付ける地点へと第 2 ロボット 2 0 0 を移動させる。それ以降、上述のような工程を経て第 2 ロボット 2 0 0 による作業が繰り返される。

【 0 2 0 7 】

このように第 1 ロボット 1 0 0 と第 2 ロボット 2 0 0 とが協働することによって、天井スラブ 1 に取り付けられた吊りボルト 4 a にハンガ 5 を介してメインバー 7 が順次固定さ

れる。

【0208】

以上の実施形態によれば、以下に示す効果を奏する。

【0209】

上記構成の枠体施工システムの制御部80、220は、移動部10を制御して、保持作業部140、位置調整部145、連結作業部40、60、70及び固定作業部150、160、180、210を所定の位置へとそれぞれ移動させてから、位置調整部145または連結部材押圧部70（位置調整部）を制御し、メインバー7を既設メインバー6に接近させた後、連結作業部40、60、70を制御し、連結部材8を介してメインバー7と既設メインバー6とを連結させ、固定作業部150、160、180、210を制御し、ハンガ5（取付金具）を介してメインバー7を吊りボルト4a（支持部材）に固定している。

【0210】

このように、メインバー7を既設メインバー6に接近させた後、メインバー7と既設メインバー6とを連結するとともに、ハンガ5を介してメインバー7を吊りボルト4aに固定することによって、天井スラブ1に取り付けられた吊りボルト4aに対してメインバー7を円滑に、且つ、自動的に取り付けることができる。また、高所作業であるメインバー7の取り付け作業を、作業員に代えて枠体施工システムが行うことによって、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。

【0211】

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。

【0212】

上記実施形態では、枠体施工システムは、保持作業部140、位置調整部145及び固定作業部150、160、180、210を備えた第2ロボット200と、連結作業部40、60、70を備えた第1ロボット100と、の2台の自律型ロボットにより構成されている。これに代えて、枠体施工システムは、例えば、保持作業部140、位置調整部145、固定作業部150、160、180、210及び連結作業部40、60、70のすべてを備えた同一形態の2台以上のロボットにより構成されていてもよし、保持作業部140のみを備えたロボットと位置調整部145のみを備えたロボットと固定作業部150、160、180、210のみを備えたロボットと連結作業部40、60、70のみを備えたロボットとにより構成されてもよいし、さらに複数のロボットにより構成されるものであってもよい。

【0213】

また、上記実施形態において、第1ロボット100は、図1に示されるように、既設メインバー6の端部を第1把持部41によって把持し、仮配置されたメインバー7の端部を第2把持部42によって把持している。これに代えて、例えば、連結部材取付部60と干渉する位置に空調装置等が配置されている場合には、Z軸を中心に第1ロボット100を反転させ、既設メインバー6の端部を第2把持部42によって把持し、仮配置されたメインバー7の端部を第1把持部41によって把持するようにしてもよい。

【0214】

また、上記実施形態において、第2ロボット200は、図1に示されるように、第1保持部141を第1ロボット100側に位置させた状態で、第1保持部141及び第2保持部142によって保持されたメインバー7を仮配置している。これに代えて、例えば、ボルト把持部150と干渉する位置に空調装置等が配置されている場合には、Z軸を中心に第2ロボット200を反転させて、第2保持部142を第1ロボット100側に位置させた状態でメインバー7を仮配置するようにしてもよい。

【0215】

また、上記実施形態では、金具取付部150、160、180によってナット4b及び

ハンガ５を吊りボルト４ aに取り付けている。これに代えて、ナット４ b及びハンガ５は予め吊りボルト４ aに取り付けられていてもよい。

【 ０ ２ １ ６ 】

また、上記実施形態では、電動式のシリンダやスライダ、モータが用いられている。これに代えて、シリンダやスライダ、モータは、エア駆動式や油圧駆動式であってもよい。

【 ０ ２ １ ７ 】

また、上記実施形態では、各ロボット１ ０ ０，２ ０ ０は、移動部１ ０の情報取得器１ ５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。各ロボット１ ０ ０，２ ０ ０は、自己位置の認識精度を向上させるために、情報取得器１ ５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。

【 ０ ２ １ ８ 】

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

請求項 1

天井スラブに取り付けられた支持部材に枠体のメインバーを取り付ける枠体施工システムであって、

前記メインバーを保持する保持作業部と、

前記保持作業部により保持された前記メインバーの位置を調整する位置調整部と、

前記保持作業部により保持された前記メインバーを、連結部材を介して既設メインバーに連結する作業を行う連結作業部と、

前記保持作業部により保持された前記メインバーを、取付金具を介して、前記支持部材に固定する作業を行う固定作業部と、

前記保持作業部、前記位置調整部、前記連結作業部及び前記固定作業部をそれぞれ移動可能な移動部と、

前記保持作業部、前記位置調整部、前記連結作業部、前記固定作業部及び前記移動部の作動を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、前記移動部を制御し、前記保持作業部、前記位置調整部、前記連結作業部及び前記固定作業部を所定の位置へとそれぞれ移動させ、前記位置調整部を制御し、前記メインバーを前記既設メインバーに接近させた後、前記連結作業部を制御し、前記連結部材を介して前記メインバーと前記既設メインバーとを連結し、前記固定作業部を制御し、前記取付金具を介して前記メインバーを前記支持部材に固定する、枠体施工システム。

請求項 2

前記連結作業部は、

前記既設メインバーの端部を把持する第 1 把持部と、

前記メインバーの端部を把持する第 2 把持部と、

前記既設メインバーの端部及び前記メインバーの端部の位置を検知可能な端部位置検知部と、

前記既設メインバーと前記メインバーとを前記連結部材によって連結する連結部と、を有し、

前記制御部は、前記端部位置検知部の検知結果に基づいて前記連結部を制御し、前記既設メインバーと前記メインバーとを連結させる、

請求項 1 に記載の枠体施工システム。

請求項 3

前記連結部は、

前記既設メインバー及び前記メインバーに前記連結部材を取り付ける連結部材取付部と、

前記既設メインバー及び前記メインバーに取り付けられた前記連結部材を押圧することによって前記連結部材の差込部を前記既設メインバー及び前記メインバーの差込口に差し込む連結部材押圧部と、を有する、

請求項 2 に記載の枠体施工システム。

請求項 4

前記制御部は、前記第 2 把持部により把持された前記メインバーの端部を前記連結部材押圧部によって把持させた後、前記第 1 把持部により把持された前記既設メインバーの端部に、前記メインバーの端部が近づくように、前記連結部材押圧部の位置を調整することによって前記保持作業部により保持された前記メインバーの位置を調整する、請求項 3 に記載の枠体施工システム。

請求項 5

前記固定作業部は、
前記支持部材に前記取付金具を取り付ける金具取付部と、
前記取付金具に設けられた締結部材を締め付ける締付部と、を有し、
前記制御部は、前記金具取付部を制御し、前記支持部材に前記取付金具を取り付けた後、
前記締付部を制御し、前記締結部材を締め付ける、
請求項 1 から 4 の何れか 1 つに記載の枠体施工システム。