

部材取付ロボット
MEMBER ATTACHMENT ROBOT

技術分野

【０００１】

本発明は、部材取付ロボットに関する。

背景技術

【０００２】

J P 2 0 1 7 - 1 1 0 4 6 6 A には、天井面に設けられた埋設部材に対して吊りボルトを取り付ける部材取付ロボットが開示されている。

発明の概要

【０００３】

天井面に設けられる埋設部材が、コンクリートを打設する前に設置されるインサートである場合、デッキプレートにインサートが予め取り付けられていると、デッキプレート上にコンクリートを打設する際にコンクリートの流れによってインサートが傾くことがあり、また、合板型枠にインサートが予め取り付けられていると、型枠が変形することによってインサートが傾くことがある。また、天井面に設けられる埋設部材が、打設後のコンクリートの天井面に取り付けられるあと施工アンカーである場合、アンカーを取り付けるための孔が傾いて形成されていると、アンカーは傾いた状態となる。

【０００４】

このように傾いた状態で埋設部材が天井面に設けられていると、J P 2 0 1 7 - 1 1 0 4 6 6 A に記載されるような部材取付ロボットによって、吊りボルトを埋設部材に取り付けようとしても、埋設部材のネジ穴に吊りボルトを螺合させることができず、作業エラーが生じてしまったり、埋設部材のネジ穴に吊りボルトを強引に螺合させることでネジ部にかじりが生じ、吊りボルトを正常に取り付けることができなくなってしまうこととなる。このため、吊りボルトを埋設部材に取り付ける作業を作業員が改めて行わなければならない、結果として、作業工数が増大するおそれがある。

【０００５】

本発明は、天井面に設けられた埋設部材に棒状部材を取り付ける作業における工数を低減することを目的とする。

【０００６】

本発明のある態様によれば、天井面に設けられた埋設部材に対してネジ部を有する棒状部材を取り付ける部材取付ロボットは、床面を移動可能な台車部と、前記床面に平行な支持軸を中心として回動自在に前記台車部によって支持され、前記棒状部材を保持するとともに前記埋設部材への前記棒状部材の取り付けを行う部材取付部と、前記支持軸を中心に前記部材取付部を回動させる駆動部と、前記埋設部材の傾きを検出可能な検出部と、前記台車部、前記部材取付部及び前記駆動部の作動を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記部材取付部により保持された前記棒状部材の傾きが、前記検出部によって検出された前記埋設部材の傾きと略一致するように、前記駆動部及び前記台車部の少なくとも一方を作動させてから、前記埋設部材に前記棒状部材を取り付けるように前記部材取付部を作動させる。

図面の簡単な説明

【０００７】

図１は、本発明の実施形態に係る部材取付ロボットによって行われる作業のイメージを示したイメージ図である。

図２は、本発明の実施形態に係る部材取付ロボットの側面図である。

図３は、図２の矢印Ａで示される方向から見た部材取付ロボットの一部を示した図である。

。

図４は、部材取付ロボット及び運搬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５は、部材取付ロボットと共に用いられる運搬ロボットの側面図である。

図６は、部材取付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７Ａは、埋設部材の傾きを検出する方法について説明するための図である。

図７Ｂは、図７Ａの矢印Ｂで示される方向から見た図である。

図８は、埋設部材に棒状部材を取り付ける作業について説明するための図である。

図９は、図５のフローチャートの一部の工程の詳細を示したフローチャートである。

図１０は、埋設部材に取り付けられた棒状部材の傾きを修正する作業について説明するための図である。

図１１Ａは、埋設部材の傾きを検出する方法の変形例について説明するための図である。

図１１Ｂは、図１１Ａの矢印Ｃで示される方向から見た図である。

図１２Ａは、埋設部材の端面と天井面とがほぼ面一となる場合に埋設部材の傾きを検出する方法について説明するための図である。

図１２Ｂは、図１２Ａの矢印Ｄで示される方向から見た図である。

図１３Ａは、埋設部材の端面が天井面から露出していない場合に埋設部材の傾きを検出する方法について説明するための図である。

図１３Ｂは、図１３Ａの矢印Ｅで示される方向から見た図である。

図１４は、本発明の実施形態に係る部材取付ロボットの変形例を示す図である。

図１５は、本発明の実施形態に係る部材取付ロボットの別の変形例の側面図である。

図１６は、図１５の矢印Ｆで示される方向から見た図である。

図１７は、図１６のＧ－Ｇ線に沿う断面を示した図であり、棒状部材を供給するための構造について説明するための図である。

図１８は、棒状部材を部材取付部へと受け渡す工程について説明するための図である。

図１９は、棒状部材を部材取付部へと受け渡す工程について説明するための図であり、図１８に続く工程を示す図である。

図２０は、棒状部材を部材取付部へと受け渡す工程について説明するための図であり、図１９に続く工程を示す図である。

図２１は、棒状部材を部材取付部へと受け渡す工程について説明するための図であり、図２０に続く工程を示す図である。

発明を実施するための形態

【０００８】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態に係る部材取付ロボットについて説明する。

【０００９】

本発明の実施形態に係る部材取付ロボット１００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、天井面１に設けられた埋設部材４に棒状部材６を取り付ける作業を行うものである。図１は、部材取付ロボット１００によって行われる作業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に示される天井面１は、コンクリートが流し込まれたデッキプレートの下面、または、合板型枠が取り外された後のコンクリートスラブの下面であり、天井面１には、複数の埋設部材４が所定の位置に設けられる。

【００１１】

埋設部材４は、天井面１に棒状部材６を取り付けるために設けられる部材であって、棒状部材６のネジ部が螺合される図示しない雌ネジ穴が天井面１において露出するように設けられている。具体的には、埋設部材４は、コンクリートを打設する前に設置されるインサート、または、打設後のコンクリートに取り付けられるあと施工アンカーである。

【0012】

例えば、天井面1がデッキプレートの下面である場合には、デッキプレート上にコンクリートが流し込まれる前にデッキプレートの所定の位置に取り付けられるインサートが埋設部材4として用いられてもよいし、デッキプレート上に流し込まれたコンクリートが硬化した後に天井面1となるデッキプレートの下面にドリルによって形成された孔内に打ち込まれ、図示しない拡張部が開くことによって孔内に機械的に固着されるあと施工アンカーが埋設部材4として用いられてもよい。

【0013】

また、天井面1が、合板型枠が取り外された後のコンクリートスラブの下面である場合には、合板型枠にコンクリートが打設される前に合板型枠の所定の位置に取り付けられるインサートが埋設部材4として用いられてもよいし、合板型枠に打設されたコンクリートが硬化した後に天井面1となるコンクリートスラブの下面にドリルによって形成された孔内に機械的に固着されるあと施工アンカーが埋設部材4として用いられてもよい。なお、埋設部材4として用いられる施工アンカーは、孔内に機械的に固着されるものに限定されず、孔内に充填された接着剤等が硬化することによって孔内に固着されるものであってもよい。

【0014】

埋設部材4として用いられるインサートやあと施工アンカーは、設計上、コンクリート内に少なくとも一部分が埋設固定され、その下端部が天井面1から所定の長さだけ突出した状態で設置される。これにより、埋設部材4に形成された雌ネジ穴が天井面1側において露出した状態となることから、埋設部材4を介して棒状部材6を天井面1に取り付けることが可能となる。なお、埋設部材4は、インサートやあと施工アンカーに限定されず、少なくとも一部分が天井面1に埋設固定されることによって、棒状部材6を天井面1に取り付けることが可能な構成を有する部材であればどのような部材であってもよい。

【0015】

棒状部材6は、全ネジボルトであって、例えば、天井パネルを保持する枠部材を支持したり、空調装置本体や空調用のダクトを支持したり、照明装置を支持したりする吊りボルトとして用いられる。なお、棒状部材6の下端には、埋設部材4に対して棒状部材6を螺合させる際に締め付け工具等が係合可能な図示しない係合部、例えば、雄ネジ部の谷の径よりも外径が小さい六角頭部や六角穴が設けられていてもよい。

【0016】

図1に示されるように、部材取付ロボット100は、運搬ロボット110によって運搬される棒状部材6を運搬ロボット110から受け取り、受け取った棒状部材6を天井面1に設けられた埋設部材4に対して順次取り付けるという作業を行うものである。運搬ロボット110は、部材取付ロボット100と同様に、外部からの操作を必要としない自律型ロボットである。なお、運搬ロボット110は、1台の部材取付ロボット100に対して1台ずつ配置されていてもよいし、複数の部材取付ロボット100に対して1台配置されていてもよい。

【0017】

部材取付ロボット100及び運搬ロボット110は、それぞれ同じ構成の台車部10を有し、部材取付ロボット100は、台車部10に部材取付ユニット20が組付けられることによって構成され、運搬ロボット110は、台車部10に運搬ユニット60が組付けられることによって構成される。

【0018】

まず、図2～4を参照し、部材取付ロボット100について説明する。図2は、部材取付ロボット100の側面図であり、図3は、図2の矢印Aで示される方向から見た部材取付ロボット100の一部、主に部材取付ユニット20の部分を示した図であり、図4は、部材取付ロボット100及び運搬ロボット110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】

部材取付ロボット１００は、図２及び図３に示すように、床面２を移動可能な台車部１０と、棒状部材６を保持するとともに埋設部材４への棒状部材６の取り付けを行う部材取付部２４と、支持軸２３を中心に部材取付部２４を回動させる回動モータ（駆動部）２２と、台車部１０、部材取付部２４及び回動モータ２２の作動を制御する制御部５０と、を備える。なお、部材取付ユニット２０は、台車部１０以外の機構によって構成される。

【００２０】

台車部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、台車部１０は、その場で旋回することが可能である。なお、台車部１０に設けられたバッテリーは、部材取付ユニット２０へ電力を供給する電力供給源としても使用される。

【００２１】

台車部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、台車部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】

台車部１０には、本体部１１から上方に向かって延びる支柱１２と、支柱１２の上端に設けられる台車側フランジ部１３とが、台車部１０に対して部材取付ユニット２０を取り付けるために設けられる。部材取付ユニット２０は、後述の設置プレート２１を介して台車側フランジ部１３に取り付けられる。なお、図２に示される支柱１２は、単なる柱状部材であるが、上下方向に伸縮自在な構成を備えていてもよい。

【００２３】

また、台車部１０には、台車部１０周辺の情報を取得可能な情報取得器（撮像部）１５が設けられる。情報取得器１５は、台車部１０の周囲や台車部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５０へと送られ、台車部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。

【００２４】

台車部１０に取り付けられる部材取付ユニット２０の部材取付部２４は、図２及び図３に示すように、支持軸２３を介して回動モータ２２により回動自在に支持される平板状のアームプレート２５と、アームプレート２５の一方の平面２５ａに設けられ棒状部材６をアームプレート２５に沿って保持する保持部３２と、保持部３２により保持された棒状部材６を埋設部材４に取り付ける操作を行う取付操作部２６と、保持部３２により保持された棒状部材６を埋設部材４へと誘導するガイドスリーブ（スリーブ）４５と、アームプレート２５の他方の平面２５ｂに設けられガイドスリーブ４５を埋設部材４に対して近づく方向及び離れる方向に移動させることが可能な電動シリンダ４０と、を有する。

【００２５】

保持部３２は、棒状部材６が収容されるＵ字溝３３ａが形成された固定ブロック３３と、ピン部材３４ａを介して固定ブロック３３に回動可能に取り付けられた回動ブロック３４と、を有する。固定ブロック３３は、Ｕ字溝３３ａが形成される方向がアームプレート２５の長手方向に沿うようにしてアームプレート２５に固定される。

【００２６】

回動ブロック３４の位置は、制御部５０により作動が制御される図示しないサーボモータによって、Ｕ字溝３３ａを閉塞する位置と開放する位置、すなわち、棒状部材６を保持

可能な状態と棒状部材 6 を受け入れ可能な状態とに変更可能である。具体的には、回動ブロック 3 4 の位置は、棒状部材 6 を埋設部材 4 に取り付ける際には、U 字溝 3 3 a を閉塞する位置に保持され、運搬ロボット 1 1 0 から棒状部材 6 が補充される際には、U 字溝 3 3 a を開放する位置に保持される。なお、図 3 には、回動ブロック 3 4 が U 字溝 3 3 a を開放する位置にある状態が示されている。

【 0 0 2 7 】

保持部 3 2 は、アームプレート 2 5 の長手方向に沿って所定の間隔で複数設けられる。図 3 に示される例では、保持部 3 2 は、2 箇所設けられているが、3 箇所以上に設けられていてもよい。

【 0 0 2 8 】

取付操作部 2 6 は、棒状部材 6 を埋設部材 4 に螺合する際に棒状部材 6 を回転させる電動モータ 2 7 と、電動モータ 2 7 の回転軸 2 7 a に取り付けられたソケット 2 8 と、アームプレート 2 5 の長手方向に沿って形成されたレール 3 1 に沿って電動モータ 2 7 を移動させる電動スライド 3 0 と、を有する。

【 0 0 2 9 】

ソケット 2 8 は、棒状部材 6 の下端部を覆うとともに、棒状部材 6 の下端部の外周面を把持可能な構成、例えば、ソケット 2 8 が回転されることで棒状部材 6 の外周面を把持可能な部材が径方向内側に向かって突出する構成を備えている。なお、棒状部材 6 の下端に六角穴等の係合部が設けられている場合は、ソケット 2 8 内には係合部に係合可能な凹凸部が設けられる。

【 0 0 3 0 】

電動モータ 2 7 及び電動スライド 3 0 は、ソケット 2 8 により把持された棒状部材 6 を、埋設部材 4 に対して螺合させるように制御部 5 0 によって制御される。これらの具体的な作動については、埋設部材 4 に棒状部材 6 を取り付け後述の方法の説明において詳述する。

【 0 0 3 1 】

ガイドスリーブ 4 5 は、棒状部材 6 を埋設部材 4 に螺合する際に埋設部材 4 に対して棒状部材 6 を確実に誘導するために設けられた部材であり、図 3 に示されるように、保持部 3 2 に保持された棒状部材 6 が挿通可能な貫通孔 4 6 を有する。

【 0 0 3 2 】

また、ガイドスリーブ 4 5 は、貫通孔 4 6 の中心軸を通る平面を分割面として二つの部材 4 5 a , 4 5 b に分割されており、これらの部材 4 5 a , 4 5 b は、ヒンジを介して連結されている。

【 0 0 3 3 】

二つの部材 4 5 a , 4 5 b のうちの一方の部材 4 5 a は、電動シリンダ 4 0 の後述のロッド部 4 2 の先端に設けられたプレート 4 3 に固定されている。他方の部材 4 5 b は、ヒンジを回動中心として、制御部 5 0 により作動が制御される図示しないサーボモータによって、一方の部材 4 5 a に当接する位置と一方の部材 4 5 a から離れる位置とに変位可能な構成となっている。

【 0 0 3 4 】

具体的には、他方の部材 4 5 b の位置は、棒状部材 6 を埋設部材 4 に取り付ける際には、一方の部材 4 5 a に当接する位置に保持され、運搬ロボット 1 1 0 から棒状部材 6 が補充される際には、一方の部材 4 5 a から離れる位置に保持される。なお、図 3 には、他方の部材 4 5 b が一方の部材 4 5 a から離れた位置にある状態が示されている。

【 0 0 3 5 】

ガイドスリーブ 4 5 の貫通孔 4 6 は、天井面 1 に設けられた埋設部材 4 の一部を収容可能な収容穴 4 6 a と、収容穴 4 6 a に収容された埋設部材 4 に向けて棒状部材 6 をガイド可能なガイド穴 4 6 b と、を有する。

【 0 0 3 6 】

図 3 に示すように、収容穴 4 6 a は、アームプレート 2 5 とは反対側において開口する

ように形成され、天井面 1 から突出している埋設部材 4 の外径よりも径が大きい内径を有するとともに、開口端に向かって徐々に拡張する形状となっている。ガイド穴 4 6 b は、アームプレート 2 5 側において開口するように形成され、収容穴 4 6 a の内径よりも径が小さく且つ棒状部材 6 の外径よりも径が大きい内径を有するとともに、開口端に向かって徐々に拡張する形状となっている。

【 0 0 3 7 】

換言すれば、収容穴 4 6 a の内周面は、天井面 1 から突出している埋設部材 4 を収容し易くするためにテーパ状に形成されており、ガイド穴 4 6 b の内周面は、棒状部材 6 を収容穴 4 6 a 側へと案内し易くするためにテーパ状に形成されている。このように形成された収容穴 4 6 a とガイド穴 4 6 b とが連通することによって、貫通孔 4 6 は形成される。

【 0 0 3 8 】

上記形状のガイドスリーブ 4 5 は、収容穴 4 6 a の径及びガイド穴 4 6 b の径の組み合わせが異なるものが予め複数用意されており、施工現場で用いられる埋設部材 4 の種類及び棒状部材 6 の外径に合わせて適宜交換される。

【 0 0 3 9 】

電動シリンダ 4 0 は、シリンダ部 4 1 とロッド部 4 2 とを有する伸縮機構であり、アームプレート 2 5 の長手方向に沿って伸縮するように、アームプレート 2 5 の他方の平面 2 5 b に固定される。シリンダ部 4 1 から突出したロッド部 4 2 の先端には、ガイドスリーブ 4 5 が固定されるプレート 4 3 が設けられる。このため、電動シリンダ 4 0 を伸縮させることによって、ガイドスリーブ 4 5 を天井面 1 に近付けたり天井面 1 から離したりすることが可能である。

【 0 0 4 0 】

上記構成を備えた部材取付部 2 4 を、支持軸 2 3 を中心として回転させる回転モータ 2 2 は、出力軸である支持軸 2 3 が床面 2 と平行に延びた状態で、設置プレート 2 1 を介して台車部 1 0 の台車側フランジ部 1 3 に固定される。回転モータ 2 2 の回転量、すなわち、アームプレート 2 5 の傾きは、内蔵された図示しない角度センサによって検出される。

【 0 0 4 1 】

このように部材取付部 2 4 は、床面 2 に平行な支持軸 2 3 を中心として回転自在に台車部 1 0 によって支持されている。

【 0 0 4 2 】

部材取付ロボット 1 0 0 は、上記各機構に加えて、埋設部材 4 の傾きを検出可能な距離センサ（検出部） 5 1 と、埋設部材 4 の位置を把握可能な上方撮像部 5 2 と、をさらに備える。

【 0 0 4 3 】

距離センサ 5 1 は、カメラ内蔵型のレーザ変位センサであって、ガイドスリーブ 4 5 とともにプレート 4 3 に固定される。このように距離センサ 5 1 は、埋設部材 4 及び天井面 1 に対して比較的近い位置に配置されることによって、埋設部材 4 及び天井面 1 までの距離を精度よく検出可能な距離検出部として機能する。

【 0 0 4 4 】

距離センサ 5 1 によって検出された距離は、制御部 5 0 へと送られ、後述のように、主に埋設部材 4 の傾きを検出するために用いられる。

【 0 0 4 5 】

上方撮像部 5 2 は、天井面 1 側を撮像するように設置されたカメラであり、回転モータ 2 2 とともに設置プレート 2 1 に固定される。なお、上方撮像部 5 2 を埋設部材 4 に近付けるために、例えば、上下方向に伸縮自在な支柱を介して上方撮像部 5 2 を設置プレート 2 1 に固定したり、距離センサ 5 1 とともにプレート 4 3 に上方撮像部 5 2 を固定したりしてもよい。必要に応じて上方撮像部 5 2 を埋設部材 4 に近付けることで、埋設部材 4 の位置を上方撮像部 5 2 によって、より正確に把握することができる。

【 0 0 4 6 】

上方撮像部 5 2 によって撮像された画像は、制御部 5 0 へと送られ、後述のように、主

に部材取付ロボット１００を埋設部材４の下方へと正確に移動させるために用いられる。なお、台車部１０に設けられた上述の情報取得器１５によって、棒状部材６が取り付けられる予定の埋設部材４の位置を十分に把握することができる場合には、上方撮像部５２を設けなくともよい。

【００４７】

制御部５０は、図４に示すように、距離センサ５１、上方撮像部５２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（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１０、部材取付部２４及び回転モータ２２の作動を制御する。制御部５０が行う具体的な制御については、埋設部材４に棒状部材６を取り付ける後述の方法の説明において詳述する。

【００４８】

制御部５０は、具体的には、ＣＰＵ（中央演算処理装置）、ＲＯＭ（リードオンリメモリ）、ＲＡＭ（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。ＲＡＭはＣＰＵの処理におけるデータを記憶し、ＲＯＭはＣＰＵ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５０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５０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、部材取付ユニット２０と台車部１０とにそれぞれ設けられていてもよい。

【００４９】

また、制御部５０には、図４に示すように、部材取付ロボット１００及び運搬ロボット１１０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１２０とデータの送受信を行うための通信部５０ａが設けられる。通信部５０ａ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、ＢＬＥ（Bluetooth（登録商標） Low Energy）やＷｉ－Ｆｉ（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５０ａは、運搬ロボット１１０の制御部９０と通信を行う際にも用いられる。

【００５０】

次に、図４及び図５を参照し、棒状部材６を運搬する運搬ロボット１１０について説明する。図５は、運搬ロボット１１０の側面図である。

【００５１】

運搬ロボット１１０は、図５に示すように、床面２を移動可能な台車部１０と、複数の棒状部材６を保持可能な保持プレート７０と、保持プレート７０を台車部１０に対して据え置くために設けられるスタンド部６２と、保持プレート７０により保持された棒状部材６を把持し部材取付ロボット１００へと受け渡し受け渡し機構８０と、台車部１０及び受け渡し機構８０の作動を制御する制御部９０と、を備える。なお、運搬ユニット６０は、台車部１０以外の機構によって構成される。

【００５２】

台車部１０は、部材取付ロボット１００の台車部１０と同じ構成であるため、その説明を省略する。

【００５３】

保持プレート７０は、図５に示されるように略Ｕ字状に形成された板状部材であり、一对の平板部７２，７３と、一对の平板部７２，７３の一端を接続する接続部７１と、一对の平板部７２，７３にそれぞれ設けられる複数の把持部７４と、を有する。

【００５４】

把持部７４は、棒状部材６を把持可能な溝を有し、溝が設けられる部分は、樹脂やゴムといった弾性部材によって形成されている。このような把持部７４を一对の平板部７２，７３にそれぞれ同じ数だけ設けておくことにより、一对の平板部７２，７３に架け渡すようにして複数の棒状部材６を保持プレート７０により保持させることができる。

【００５５】

スタンド部６２は、台車側フランジ部１３に取り付けられる設置プレート６４と、設置

プレート 6 4 から上方に延びる支柱 6 3 と、支柱 6 3 に固定されたフック部 6 5 と、を有する。

【 0 0 5 6 】

フック部 6 5 は、スタンド部 6 2 に据え置かれる保持プレート 7 0 の平板部 7 2、7 3 を下方から支持可能な形状となっている。換言すれば、保持プレート 7 0 は、スタンド部 6 2 のフック部 6 5 に対して着脱可能となっている。

【 0 0 5 7 】

受け渡し機構 8 0 は、支柱 6 3 に対して直交するように固定されたレール部材 8 1 と、レール部材 8 1 に沿って移動可能な受け渡し部 8 2 と、レール部材 8 1 に沿って受け渡し部 8 2 を移動させる図示しない電動スライドと、を有する。

【 0 0 5 8 】

受け渡し部 8 2 は、保持プレート 7 0 に保持された複数の棒状部材 6 のうちの 1 つの棒状部材 6 を把持部 7 4 から取り外し、取り外された棒状部材 6 を部材取付ロボット 1 0 0 へと渡すように作動可能な構成を有する。

【 0 0 5 9 】

具体的には、受け渡し部 8 2 には、棒状部材 6 を磁力によって保持可能な保持部 8 3 と、保持プレート 7 0 から棒状部材 6 を取り外す方向に保持部 8 3 を移動させる図示しないアクチュエータと、レール部材 8 1 側を回転中心として保持部 8 3 をアクチュエータとともに水平方向に回転させる図示しない回転モータと、が設けられる。なお、保持部 8 3 は、保持プレート 7 0 の把持部 7 4 と同様に弾性力によって棒状部材 6 を保持するものであるもよい。

【 0 0 6 0 】

このように運搬ロボット 1 1 0 は、複数の棒状部材 6 を上下方向に沿った状態で保管するとともに、上下方向に沿った状態で保管された棒状部材 6 をそのままの状態部材取付ロボット 1 0 0 に受け渡すことが可能な構成となっている。このため、棒状部材 6 を例えば水平方向に沿った状態で運搬ロボット 1 1 0 に保管した場合と比較し、部材取付ロボット 1 0 0 に対して棒状部材 6 を受け渡す際の動作が簡素化されとともに、運搬ロボット 1 1 0 の幅が大きくなることが抑制されることで、部材取付ロボット 1 0 0 の作業が運搬ロボット 1 1 0 によって阻害されてしまうことを防止することができる。

【 0 0 6 1 】

また、複数の棒状部材 6 を保持する保持プレート 7 0 がスタンド部 6 2 に対して着脱可能な構成となっているため、保持プレート 7 0 を交換することによって、運搬ロボット 1 1 0 への棒状部材 6 の補充を容易に行うことができる。

【 0 0 6 2 】

運搬ロボット 1 1 0 は、上記各機構に加えて、部材取付ロボット 1 0 0 の保持部 3 2 の位置を把握可能な側方撮像部 9 1 をさらに備える。

【 0 0 6 3 】

側方撮像部 9 1 は、部材取付ロボット 1 0 0 を撮像可能に設置されたカメラであり、レール部材 8 1 に固定される。側方撮像部 9 1 が固定される位置は、レール部材 8 1 に限定されず、部材取付ロボット 1 0 0 側を撮像可能な位置であればどこであってもよく、例えば、受け渡し部 8 2 やスタンド部 6 2 であってもよい。

【 0 0 6 4 】

側方撮像部 9 1 によって撮像された画像は、運搬ロボット 1 1 0 の制御部 9 0 へと送られ、後述のように、主に運搬ロボット 1 1 0 の受け渡し部 8 2 を、部材取付ロボット 1 0 0 の保持部 3 2 に対して正確に位置させるために用いられる。

【 0 0 6 5 】

運搬ロボット 1 1 0 の制御部 9 0 は、側方撮像部 9 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 等の作業エリアに関するデータとに基づいて、台車部 1 0 及び受け渡し機構 8 0 の作動を制御する。また、制御部 9 0 には、部材取付ロボット 1 0 0 の制御部 5 0 と同様に、通信部 9 0 a が設けられる。なお、制御部 9 0 の具体

的な構成は、部材取付ロボット１００の制御部５０と同じであるため、その説明を省略する。

【００６６】

続いて、図６～１０を参照し、上記構成の部材取付ロボット１００によって、天井面１に設けられた埋設部材４に棒状部材６を取り付ける方法について説明する。図６及び図９は、部材取付ロボット１００が行う作業の手順を示したフロー図であり、図７Ａ及び図７Ｂは、埋設部材４の傾きを検出する方法について説明するための図であり、図８は、埋設部材４に棒状部材６を取り付ける作業について説明するための図であり、図１０は、埋設部材４に取り付けられた棒状部材６の傾きを修正する作業について説明するための図である。

【００６７】

まず、ステップＳ１１では、部材取付ロボット１００の制御部５０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５０の通信部５０ａを介してサーバ１２０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、埋設部材４の位置や棒状部材６を取り付ける順序などが含まれる。

【００６８】

次に、ステップＳ１２では、制御部５０は、台車部１０の情報取得器１５によって、部材取付ロボット１００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、部材取付ロボット１００の自己位置、すなわち、図面上での座標を認識する。制御部５０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。

【００６９】

続くステップＳ１３では、制御部５０は、最初に棒状部材６が取り付けられる埋設部材４の座標をステップＳ１１で読み込まれたデータから抽出し、台車部１０を制御することによって部材取付ロボット１００を抽出された埋設部材４の座標に向けて移動させる。なお、最初に棒状部材６が取り付けられる埋設部材４は、部材取付ロボット１００が置かれた場所から最も近くにある埋設部材４であってもよい。

【００７０】

部材取付ロボット１００の移動が完了すると、制御部５０は、上方撮像部５２によって、作業対象となる埋設部材４の座標位置を含む天井面１の画像を取得し、取得された画像から埋設部材４の位置を検出する（ステップＳ１４）。

【００７１】

取得された画像から埋設部材４の位置が検出された場合には、ステップＳ１５に進み、埋設部材４の位置が検出されない場合、例えば、埋設部材４がコンクリートに埋もれていたり、埋設部材４が何らかの障害物によって覆われている場合には、作業を行うことができないとしてステップＳ２０に進む。

【００７２】

ステップＳ１５では、制御部５０は、台車部１０の情報取得器１５によって、部材取付ロボット１００の周辺の情報を取得し、棒状部材６の取り付け作業を行うにあたって、周囲に障害物や段差等がないかを検出する。具体的には、後述のように埋設部材４が傾いていると、それに応じて部材取付ロボット１００を多少移動させる必要があることから、部材取付ロボット１００から数メートルの範囲内に、部材取付ロボット１００の移動を妨げるような障害物があるか否かが検出される。

【００７３】

ステップＳ１５において、障害物が無いと判定されるとステップＳ１６に進み、障害物があると判定されると作業を行うことができないとしてステップＳ２０に進む。

【００７４】

続くステップＳ１６では、制御部５０は、距離センサ５１によって埋設部材４及び天井

面 1 までの距離を検出し、検出された距離に基づいて、埋設部材 4 の傾きの大きさ及び方向を検出する。この際、距離センサ 5 1 を埋設部材 4 に出来るだけ近付けるために、電動シリンダ 4 0 を伸長させる。

【 0 0 7 5 】

ここで、埋設部材 4 及び天井面 1 までの距離に基づいて、埋設部材 4 の傾きを検出する方法について、図 7 A 及び図 7 B を参照して説明する。

【 0 0 7 6 】

図 7 A 及び図 7 B に示すように、制御部 5 0 は、カメラ内蔵型のレーザ変位センサである距離センサ 5 1 によって、埋設部材 4 の下端周縁 5 と認識される線上の複数の測定点 P 2（図中において黒丸で示される点）までの距離を計測するとともに、埋設部材 4 の周囲の天井面 1 と認識される平面上の複数の測定点 P 1（図中において白丸で示される点）までの距離を計測する。なお、複数の測定点 P 1、P 2 は、埋設部材 4 の雌ネジ穴 4 a を略中心とし、均等な間隔で設定されることが好ましい。

【 0 0 7 7 】

そして、計測された天井面 1 の複数の測定点 P 1 までの距離のうち最も距離が長い点と最も距離が短い点とを結んだ線と、距離センサ 5 1 の中心軸線とが成す角度を天井面 1 の角度（基準傾斜角）として算出し、計測された埋設部材 4 の下端周縁 5 上の複数の測定点 P 2 までの距離のうち最も距離が長い点と最も距離が短い点とを結んだ線と、距離センサ 5 1 の中心軸線とが成す角度を埋設部材 4 の下端周縁 5 の角度（計測傾斜角）として算出する。

【 0 0 7 8 】

そして、このように算出された 2 つの角度の差分が、鉛直方向に対する埋設部材 4 の傾きとして算出される。なお、上記算出方法は、天井面 1 が略水平面となっていることを前提としている。このため、設計上、天井面 1 が傾斜している場合、鉛直方向に対する埋設部材 4 の傾きを算出するにあたっては、天井面 1 の傾斜角度が考慮される。

【 0 0 7 9 】

上記算出方法では、最も距離が長い点と最も距離が短い点とが算出に用いられるため、測定点 P 1、P 2 の数はできるだけ多い方がよく、例えば、8 点以上であることが好ましい。

【 0 0 8 0 】

また、別の方法としては、計測された天井面 1 の複数の測定点 P 1 が含まれる平面を基準平面として算出し、計測された埋設部材 4 の下端周縁 5 上の複数の測定点 P 2 が含まれる平面を計測平面として算出し、これら二つの平面が交差する角度（鋭角）を鉛直方向に対する埋設部材 4 の傾きとして求めてもよい。なお、この別の方法では、基準平面と距離センサ 5 1 の中心軸線とが成す角度を基準傾斜角として算出し、計測平面と距離センサ 5 1 の中心軸線とが成す角度を計測傾斜角として算出し、これらの差分を鉛直方向に対する埋設部材 4 の傾きとして算出することも可能である。

【 0 0 8 1 】

このようにして埋設部材 4 の傾きが検出されると、ステップ S 1 7 に進み、棒状部材 6 の傾き、すなわち、アームプレート 2 5 の傾きが調整される。

【 0 0 8 2 】

具体的には、部材取付部 2 4 によって保持された棒状部材 6 の傾きがステップ S 1 6 で検出された埋設部材 4 の傾きと一致し、棒状部材 6 の延長線上に埋設部材 4 の雌ネジ穴 4 a が位置するように、回動モータ 2 2 および台車部 1 0 の少なくとも一方が制御される。なお、ここでの棒状部材 6 の傾きと埋設部材 4 の傾きとの一致とは、幾何学的に完全に一致していることを意味するものではなく、埋設部材 4 に対して棒状部材 6 を螺合させる際に支障がない程度のずれについては許容され、略一致していればよいことを意味する。

【 0 0 8 3 】

棒状部材 6 の傾きと埋設部材 4 の傾きとが一致すると、続くステップ S 1 8 において、制御部 5 0 は、取付操作部 2 6 を制御し、棒状部材 6 を埋設部材 4 に螺合させる。

【 0 0 8 4 】

ここで、棒状部材 6 の延長線上に埋設部材 4 の雌ネジ穴 4 a が位置していれば、棒状部材 6 を埋設部材 4 に螺合させることは容易な作業と思われるが、実際には、比較的長尺部材である棒状部材 6 は、自重によって撓んだり、電動モータ 2 7 により回転されることで振れを生じたりするため、棒状部材 6 を円滑に埋設部材 4 に螺合させることは難しい。

【 0 0 8 5 】

そこで本実施形態では、棒状部材 6 を埋設部材 4 に螺合させるにあたって、棒状部材 6 を誘導するガイドスリーブ 4 5 を予め埋設部材 4 の近傍に位置させている。

【 0 0 8 6 】

具体的には、図 8 に示すように、制御部 5 0 は、ステップ S 1 7 での棒状部材 6 の傾きの調整が完了すると、電動シリンダ 4 0 を伸長させることによって、ガイドスリーブ 4 5 を埋設部材 4 に近付ける。ガイドスリーブ 4 5 には、埋設部材 4 を収容可能な収容穴 4 6 a が設けられているため、天井面 1 から埋設部材 4 が突出している場合には、埋設部材 4 の一部が収容穴 4 6 a に収容された状態となる。埋設部材 4 が天井面 1 から突出していない場合、ガイドスリーブ 4 5 は、収容穴 4 6 a が埋設部材 4 に対向して位置するように埋設部材 4 へと近付けられる。

【 0 0 8 7 】

埋設部材 4 の近傍にガイドスリーブ 4 5 が到達したか否かは、距離センサ 5 1 により検出される天井面 1 や埋設部材 4 までの距離や上方撮像部 5 2 により取得される画像に基づいて逐次判定される。埋設部材 4 に対してガイドスリーブ 4 5 をより正確に位置させるためには、埋設部材 4 がガイドスリーブ 4 5 の収容穴 4 6 a に接近ないし収容されたことを検知可能な近接センサをガイドスリーブ 4 5 やその周辺に設けておくことが好ましい。

【 0 0 8 8 】

このようにガイドスリーブ 4 5 の収容穴 4 6 a に埋設部材 4 が接近ないし収容されたと判定されると、制御部 5 0 は、埋設部材 4 への棒状部材 6 の螺合を開始する。

【 0 0 8 9 】

具体的には、まず、埋設部材 4 に棒状部材 6 が接するまで、レール 3 1 に沿って電動スライド 3 0 を上昇させる。電動スライド 3 0 の推進力または推進力に相関する電流値の上昇に基づいて棒状部材 6 が埋設部材 4 に接したことが確認されると、電動モータ 2 7 を螺合方向に回転させるとともに、螺合速度に合わせて電動スライド 3 0 を徐々に上昇させる。その後、電動モータ 2 7 のトルクが所定値以上になった時点で埋設部材 4 への棒状部材 6 の螺合が完了したと判定し、電動モータ 2 7 の回転を停止する。そして、電動モータ 2 7 の停止とともに、電動スライド 3 0 をレール 3 1 の下端に向けて下降させることにより、電動モータ 2 7 及びソケット 2 8 を棒状部材 6 から引き離す。なお、埋設部材 4 に棒状部材 6 が接したことを確認することなく、電動モータ 2 7 を螺合方向に回転させながら電動スライド 3 0 を上昇させてもよい。

【 0 0 9 0 】

ここで、ガイドスリーブ 4 5 には、上述のように、棒状部材 6 を収容穴 4 6 a に向けてガイド可能なテーパ状に形成されたガイド穴 4 6 b が設けられている。このため、電動モータ 2 7 により回転されることで棒状部材 6 に振れが生じたとしても、棒状部材 6 の先端部は、ガイド穴 4 6 b によってガイドされて埋設部材 4 へとスムーズに向かうことになる。したがって、かじりを生じさせることなく、棒状部材 6 を埋設部材 4 に対して円滑に螺合させることができる。

【 0 0 9 1 】

埋設部材 4 への棒状部材 6 の螺合が完了すると、制御部 5 0 は、埋設部材 4 への棒状部材 6 の差込量が所定の閾値を超えたか否かを判定する（ステップ S 1 9 ）。

【 0 0 9 2 】

制御部 5 0 は、電動モータ 2 7 のトルクまたはトルクに相関する電流値に基づいて、埋設部材 4 への棒状部材 6 の螺合が開始されたことと、螺合が完了したこととを判定している。具体的には、埋設部材 4 への棒状部材 6 の螺合が始まる際には、ねじ込み抵抗によっ

て電動モータ 27 のトルクがある程度上昇することから、電動モータ 27 のトルクが予め設定された第 1 閾値を超えたとき、螺合が開始されたと判定する。

【0093】

一方、埋設部材 4 の雌ネジ穴 4 a の全長にわたって棒状部材 6 が螺合された状態に至ったときや、かじりが生じたり、雌ネジ穴 4 a 内に異物があったりすることによって埋設部材 4 への棒状部材 6 の螺合が妨げられた状態となったときには、電動モータ 27 のトルクが大幅に上昇する。このため、電動モータ 27 のトルクが第 1 閾値よりも大きい第 2 閾値を超えたとき、制御部 50 は、螺合が完了した、または、実際には完了していないが見かけ上、螺合が完了したと判定する。

【0094】

このような判定とともに、制御部 50 は、電動モータ 27 のトルクの大きさが螺合の開始を示す値から螺合を終了の完了を示す値に変化するまでの間に、電動スライド 30 がレール 31 に沿って移動した量を埋設部材 4 への棒状部材 6 の差込量として検出する。

【0095】

このように検出された埋設部材 4 への棒状部材 6 の差込量が所定の閾値、例えば、埋設部材 4 の雌ネジ穴 4 a の全長の 60 % を超えている場合、埋設部材 4 への棒状部材 6 の取付けが正常に行われたとして、ステップ S 30 に進む。一方、差込量が所定の閾値以下である場合、かじり等の異常が生じたおそれがあることから、埋設部材 4 への棒状部材 6 の取付けが正常に行われなかったとして、ステップ S 20 に進む。つまり、ステップ S 19 では、埋設部材 4 に対する棒状部材 6 の取付けの適否が判定される。

【0096】

続くステップ S 30 では、棒状部材 6 の傾きを修正する工程が行われる。

【0097】

ここで、傾いた埋設部材 4 に挿入された棒状部材 6 は当然ながら天井面 1 に対して傾いた状態になる。このため、棒状部材 6 を吊りボルトとして用いる天井パネルの枠部材の取付け作業等に支障が生じてしまうおそれがある。

【0098】

そこで、本実施形態では、図 9 に示すフロー図に沿って、天井面 1 に対して棒状部材 6 が略垂直となるように、棒状部材 6 の傾きが修正される。

【0099】

まず、ステップ S 31 では、棒状部材 6 の傾きの修正の要否が判定される。棒状部材 6 の傾きが、棒状部材 6 を吊りボルトとして用いる作業において、支障がない程度の傾きであれば、当然ながら傾きを修正する必要はない。

【0100】

そこで、ステップ S 31 では、制御部 50 は、ステップ S 16 で検出された埋設部材 4 の傾きが所定の閾値よりも小さい場合、傾きの修正が不要であると判定し、埋設部材 4 に取り付けられた棒状部材 6 が部材取付ロボット 100 から解放されるように解放作動を行う。具体的には、電動シリンダ 40 を収縮させてガイドスリーブ 45 をアームプレート 25 に引き寄せるとともに、ガイドスリーブ 45 を構成する二つの部材 45 a, 45 b が互いに離れた状態とし、さらに、すべての保持部 32 の回動ブロック 34 の位置を、U 字溝 33 a を開放する位置へと回動させることによって、棒状部材 6 の保持が解除された状態とされる（図 3 参照）。

【0101】

このような解放作動を経て、部材取付ロボット 100 による棒状部材 6 の保持が解除され、埋設部材 4 に取り付けられた棒状部材 6 が部材取付ロボット 100 から離れたことが確認されると、ステップ S 35 に進む。なお、棒状部材 6 が部材取付ロボット 100 から離れたか否か、すなわち、2 つの固定ブロック 33 の U 字溝 33 a 内に棒状部材 6 があるか否かは、図示しない近接センサ等によって検知される。

【0102】

一方、ステップ S 16 で検出された埋設部材 4 の傾きが所定の閾値以上である場合、制

制御部 50 は、傾きの修正が必要であると判定してステップ S 32 に進む。

【0103】

続くステップ S 32 では、棒状部材 6 の傾きを修正するために必要な部材取付ロボット 100 の移動距離 D1 が算出される。

【0104】

棒状部材 6 の傾きの修正は、図 10 に示すように、棒状部材 6 に対して傾きとは反対の方向の修正荷重を付与し、埋設部材 4 の周辺において棒状部材 6 を塑性変形させることによって行われる。つまり、ステップ S 32 で算出される部材取付ロボット 100 の移動距離 D1 とは、図 8 に示されるように棒状部材 6 の取付けが行われる位置から、図 10 に示されるように、棒状部材 6 に所定の大きさの修正荷重が付与された状態となる位置まで部材取付ロボット 100 を、図 10 に矢印で示される移動方向に沿って、移動させる距離である。

【0105】

棒状部材 6 に対してどの程度の荷重を付与すればどの程度の塑性変形が生じるかといった相関性や部材取付ロボット 100 をどの程度移動させればどの程度の荷重を棒状部材 6 に対して付与できるかといった相関性については、予めマップ化され、制御部 50 に記憶されている。相関性に影響を及ぼすパラメータとしては、埋設部材 4 の傾き角度、棒状部材 6 の外径や材料、剛性の他、棒状部材 6 に荷重を付与する作用点となる保持部 32 と固定点となる埋設部材 4 との間の距離などが挙げられる。

【0106】

ステップ S 32 では、制御部 50 に記憶されたマップから、傾いた埋設部材 4 に取り付けられた棒状部材 6 を天井面 1 に対して略垂直な状態とするためには、棒状部材 6 をどの程度塑性変形させる必要があり、そのような塑性変形を棒状部材 6 に生じさせるためには、部材取付ロボット 100 をどの程度の移動距離 D1 だけ移動させる必要があるかが求められる。

【0107】

このように部材取付ロボット 100 の移動距離 D1 が求められると、続くステップ S 33 において、部材取付ロボット 100 の移動の可否が判定される。

【0108】

ステップ S 33 では、制御部 50 は、台車部 10 の情報取得器（撮像部）15 によって撮像された部材取付ロボット 100 の周辺の画像、特に、棒状部材 6 の傾きを修正するために部材取付ロボット 100 を移動させる方向の画像を取得し、取得された画像に基づいて、棒状部材 6 に対して修正荷重を付与することが可能か否かを判定する。

【0109】

移動予定経路上に障害物や段差等がなく部材取付ロボット 100 を移動させることが可能と判定されると棒状部材 6 に対して修正荷重を付与することができるとしてステップ S 34 に進み、移動予定経路上に障害物や段差等があり部材取付ロボット 100 を移動させることが不可能と判定されると棒状部材 6 に対して修正荷重を付与することができないとしてステップ S 36 に進む。なお、ステップ S 36 に進む場合、これ以降、棒状部材 6 に対して、部材取付ロボット 100 が行う作業はない。このため、ステップ S 36 に進む場合、埋設部材 4 に取り付けられた棒状部材 6 が部材取付ロボット 100 から解放されるように、上述の解放作動を経て部材取付ロボット 100 による棒状部材 6 の保持が解除される。

【0110】

ステップ S 34 では、図 10 に示されるように、ステップ S 32 で求められた移動距離 D1 だけ部材取付ロボット 100 が移動されることによって、棒状部材 6 の傾きの修正が行われる。

【0111】

棒状部材 6 の傾きの修正を行う際、アームプレート 25 は支持軸 23 を中心に自由に回転可能な状態、すなわち、回転モータ 22 の駆動力やブレーキ力が作用しない状態とされ

る。また、ガイドスリーブ45は、図10に示されるように、電動シリンダ40が収縮することによってアームプレート25に引き寄せられるとともに、二つの部材45a、45bが互いに離れた状態、すなわち、棒状部材6にガイドスリーブ45が接しない状態とされる。換言すれば、棒状部材6の傾きの修正を行う際、棒状部材6は、保持部32のみによって保持された状態となり、上述の修正荷重は、保持部32を介して棒状部材6に付与されることとなる。

【0112】

ステップS34において部材取付ロボット100の移動が完了すると、部材取付ロボット100による棒状部材6の保持が上述の解放作動を経て解除され、埋設部材4に取り付けられた棒状部材6が部材取付ロボット100から離れたか否かが確認される。棒状部材6が部材取付ロボット100から離れたことが確認されると、ステップS35に進む。

【0113】

なお、図10に示す状態において棒状部材6の保持が解除されると棒状部材6が復元力によって大きく振動し、部材取付ロボット100にぶつかって部材取付ロボット100が損傷するおそれがある。このため、部材取付ロボット100による棒状部材6の保持の解除は、アームプレート25の傾斜が天井面1に対してほぼ垂直になつてから行われる。
【0114】

ステップS35では、制御部50は、所定の埋設部材4に対する棒状部材6の一連の取

付け作業が完了したとして、作業の完了を記憶する。

【0115】

一方、ステップS36では、所定の埋設部材4に対して棒状部材6の挿入は完了したものの、棒状部材6の傾きの修正が完了していないとして、制御部50は、傾き修正作業の未完了を記憶する。

【0116】

同様に、ステップS20では、所定の埋設部材4に対して棒状部材6の挿入が完了していないとして、制御部50は、取り付け作業不可または取り付け作業未完了をその原因とともに記憶する。なお、ステップS35、ステップS36及びステップS20で制御部50に記憶された作業に関する情報は、制御部50の通信部50aを介してサーバ120へと逐次送信される。

【0117】

このため、サーバ120を介して部材取付ロボット100の作業状況を監視するオペレータや現場の作業員は、何れの埋設部材4への棒状部材6の取付け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、棒状部材6の取付けや棒状部材6の傾きの修正が行われなかった原因を容易に把握することができる。

【0118】

また、部材取付ロボット100の制御部50に記憶された作業に関する情報は、埋設部材4に取り付けられた棒状部材6に対して何らかの作業を行う後工程作業ロボットにも送信される。このため、この後工程作業ロボットには、正常に取り付けられた棒状部材6に対してのみ作業を行わせることができる。

【0119】

このようにステップS20、ステップS35及びステップ36において作業状況の記憶が完了すると、ステップS21に進み、制御部50は、予定されている作業がすべて完了したか否かを確認する。

【0120】

予定されていた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120から受信するまで待機状態となる。

【0121】

一方、予定されていた作業がまだ完了していない場合、次に棒状部材6が取り付けられる埋設部材4の場所へと移動するために、ステップS13に戻る。

【0122】

ステップS13へ戻るにあたって、ステップS22において棒状部材6の補充が行われる。

【0123】

ステップS22での棒状部材6の補充は、運搬ロボット110から部材取付ロボット100に棒状部材6が受け渡されることによって行われる。

【0124】

具体的には、まず、部材取付ロボット100の制御部50は、回転モータ22によってアームプレート25を床面2に対して垂直な状態とし、部材取付部24が棒状部材6を受け入れ可能な状態、すなわち、ガイドスリーブ45の他方の部材45bが一方の部材45aから離れた状態となっており、すべての保持部32の回転ブロック34がU字溝33aを開放する位置に回転した状態となっているかを確認する。

【0125】

棒状部材6の受け入れが可能な状態にあることが確認されると、部材取付ロボット100は、運搬ロボット110に対して、棒状部材6の受け渡しを要求する要求信号を制御部50の通信部50aを介して発信する。

【0126】

なお、部材取付ロボット100では、この工程よりも前の段階であるステップS21に至る時点で、棒状部材6を保持する状態が解除されていることから、通常は棒状部材6を受け入れ可能な状態となっている。このため、棒状部材6を受け入れ可能な状態となっているか否かの確認は省略されてもよい。

【0127】

運搬ロボット110は、制御部90の通信部90aにおいて要求信号を受信すると、棒状部材6を受け渡すために、部材取付ロボット100の近傍へと移動する。なお、1台の部材取付ロボット100に対して運搬ロボット110が1台ずつ配置されておらず、複数の部材取付ロボット100の間で例えば2～3台の運搬ロボット110を共用している場合には、最も近くにいる運搬ロボット110が要求信号に応じて部材取付ロボット100の近傍へと移動する。

【0128】

運搬ロボット110の制御部90は、側方撮像部91によって撮像された画像から、部材取付ロボット100の保持部32の位置、より具体的には、固定ブロック33のU字溝33aの位置を検出する。

【0129】

そして、上下方向に位置する2つの固定ブロック33のU字溝33aの間に、棒状部材6を保持した受け渡し部82が位置するように、受け渡し部82を部材取付ロボット100のアームプレート25へと近付ける。

【0130】

部材取付ロボット100の制御部50は、2つの固定ブロック33のU字溝33a内に棒状部材6が収容されたことを図示しない近接センサにより検知すると、すべての保持部32の回転ブロック34を、U字溝33aを閉塞する位置に回転させるとともに、ガイドスリーブ45の他方の部材45bを一方の部材45aに当接した状態とする。

【0131】

このようにして部材取付ロボット100によって棒状部材6が保持されると、部材取付ロボット100の制御部50は、運搬ロボット110に対して受け渡しの完了を知らせる完了信号を発信する。

【0132】

完了信号を受け取った運搬ロボット110の制御部90は、受け渡し部82の保持部83の磁力を低下させて、保持部83による棒状部材6の保持を解除する。

【0133】

このように受け渡し部82の保持部83によって棒状部材6が保持されない状態になる

と、棒状部材 6 は、部材取付ロボット 100 の複数の保持部 32 に保持されつつ重力によって下方へと降下する。保持部 32 の下方には、上述のように、取付操作部 26 のソケット 28 が設けられているため、棒状部材 6 の下端部はソケット 28 に収容される。したがって、保持部 32 に保持された棒状部材 6 は、電動モータ 27 によって回転可能な状態、すなわち、埋設部材 4 に螺合可能な状態となる。

【0134】

以上のようにステップ S22 において棒状部材 6 の補充が完了したことが確認されると、ステップ S13 へと進み、部材取付ロボット 100 は、次に棒状部材 6 が取り付けられる埋設部材 4 の場所へと移動する。なお、棒状部材 6 の補充は、次に棒状部材 6 が取り付けられる埋設部材 4 の場所へと部材取付ロボット 100 が移動した後に行われてもよい。

【0135】

以上の実施形態によれば、以下に示す効果を奏する。

【0136】

上記構成の部材取付ロボット 100 は、部材取付部 24 により保持された棒状部材 6 の傾きを、距離センサ 51 によって検出された埋設部材 4 の傾きに略一致させてから、部材取付部 24 によって棒状部材 6 を埋設部材 4 に対して取り付けしている。

【0137】

このように埋設部材 4 に対する棒状部材 6 の取り付けを、棒状部材 6 の傾きと埋設部材 4 の傾きとを略一致させてから行うことによって、棒状部材 6 と埋設部材 4 のネジ部にかじりが生じることが確実に抑制され、結果として、棒状部材 6 を埋設部材 4 に取り付ける作業を作業員が改めて行わなければならないといった事態を避けることができる。したがって、天井面 1 に設けられた埋設部材 4 に棒状部材 6 を取り付ける作業における工数を低減することができる。

【0138】

また、上記構成の部材取付ロボット 100 は、埋設部材 4 にガイドスリーブ 45 を接近させてから、部材取付部 24 によって棒状部材 6 を埋設部材 4 に対して取り付けしている。

【0139】

このように埋設部材 4 に対する棒状部材 6 の取り付けを、埋設部材 4 に向けて棒状部材 6 をガイド可能なガイド穴 46b が設けられたガイドスリーブ 45 を埋設部材 4 に接近させてから行うことによって、検出された埋設部材 4 の傾きが実際の傾きとは多少ずれており、棒状部材 6 の傾きと埋設部材 4 の傾きとを一致させることができなかった場合であっても、ネジ部にかじりを生じさせることなく、棒状部材 6 を埋設部材 4 に螺合することができる。

【0140】

また、上記構成の部材取付ロボット 100 は、運搬ロボット 110 から棒状部材 6 が随時補充される。

【0141】

このように部材取付ロボット 100 に対して運搬ロボット 110 から棒状部材 6 が自動的に補充されることによって、埋設部材 4 に対する棒状部材 6 の取り付けを、棒状部材 6 の補充のために一時的に中断させることなく、継続的に行うことができる。この結果、施工期間を短縮することができる。

【0142】

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。

【0143】

上記実施形態では、埋設部材 4 の傾きは、距離センサ 51 によって計測された埋設部材 4 及び天井面 1 までの距離に基づいて検出されている。これに代えて、図 11A 及び図 11B に示す変形例のように、埋設部材 4 の傾きは、埋設部材 4 の画像から抽出される埋設部材 4 の下端周縁 5 の形状に基づいて検出されてもよい。この変形例では、距離センサ 5

1に代えて比較的解像度が高いカメラ151が検出部として用いられる。図11Aは、図7Aに相当する断面を示した図であり、図11Bは、図11Aの矢印Cで示される方向から見た図である。

【0144】

具体的には、傾いて設けられた埋設部材4を、図11Aに示されるように、鉛直方向下方からカメラ151によって撮像すると、撮像された画像から抽出される埋設部材4の下端周縁5は、図11Bに示されるように、長軸と短軸とを有する楕円形状となる。一方で、埋設部材4が全く傾いていない場合には、撮像された埋設部材4の下端周縁5は、略真円となる。

【0145】

つまり、図11Bに示される長軸方向の長さL1と短軸方向の長さL2との比率は、埋設部材4の傾きが小さいほど1:1に近い値となることから、この比率に基づいて埋設部材4の傾きの大きさを求めることが可能である。また、図11Bに示される短軸方向は、埋設部材4の傾きの方向を示している。したがって、このような変形例によっても埋設部材4の傾きを検出することが可能である。

【0146】

また、上記実施形態では、埋設部材4は、その下端部が天井面1から所定の長さだけ突出した状態となるように取り付けられている。埋設部材4として用いられるインサートやあと施工アンカーは、設計上、コンクリート内に少なくとも一部分が埋設固定され、その下端部が天井面1から所定の長さだけ突出した状態で設置されるが、その取り付け状態によっては、図12Aに示すように、天井面1から埋設部材4がほとんど突出せず、埋設部材4の下端面と天井面1とがほぼ面一となることがある。特に、埋設部材4があと施工アンカーである場合には、図13Aに示すように、天井面1に形成された挿入孔1aが深いと、埋設部材4の全体が挿入孔1a内に挿入されることにより、天井面1から埋設部材4がまったく突出していない状態となることもある。

【0147】

このように、埋設部材4の下端部が天井面1から所定の長さだけ突出した状態となっていない場合であっても、以下のような方法によって、埋設部材4の傾きを検出することが可能である。

【0148】

具体的には、図12A及び図12Bに示すように、埋設部材4の下端面と天井面1とがほぼ面一となっている場合には、距離センサ51によって、埋設部材4の下端周縁5と認識される線上の複数の測定点P2（図中において黒丸で示される点）までの距離を計測するとともに、埋設部材4の周囲の天井面1と認識される平面上の複数の測定点P1（図中において白丸で示される点）までの距離を計測することによって、上記実施形態と同様の手法により鉛直方向に対する埋設部材4の傾きを算出することが可能である。図12Aは、図7Aに相当する断面を示した図であり、図12Bは、図12Aの矢印Dで示される方向から見た図である。

【0149】

なお、埋設部材4の下端周縁5の一部分のみが天井面1から突出し、残りの部分が天井面1から窪んでいるような場合には、ランダムに計測された天井面1の複数の測定点P1までの距離に基づいて天井面1の基準平面を求め、この基準平面に対する埋設部材4の下端周縁5上の複数の測定点P2の差分をそれぞれ算出し、複数の測定点P2のうち、差分がプラス側に最も大きい点と差分がマイナス側に最も大きい点を抽出し、これら2つの点を結んだ線に基づいて、鉛直方向に対する埋設部材4の傾きを算出することが可能である。

【0150】

また、図13A及び図13Bに示すように、天井面1から埋設部材4がまったく突出していない場合には、距離センサ51によって、埋設部材4の下端周縁5と認識される線上の複数の測定点P2（図中において黒丸で示される点）までの距離を計測するとともに、

天井面 1 に形成された挿入孔 1 a の開口端縁と認識される線上の複数の測定点 P 1（図中において白丸で示される点）までの距離を計測し、挿入孔 1 a の開口端縁上の複数の測定点 P 1 に基づいて天井面 1 の角度（基準傾斜角）を算出することによって、上記実施形態とほぼ同様の手法により鉛直方向に対する埋設部材 4 の傾きを算出することが可能である。図 1 3 A は、図 7 A に相当する断面を示した図であり、図 1 3 B は、図 1 3 A の矢印 E で示される方向から見た図である。

【0151】

ここで、図 1 2 A や図 1 3 A に示されるように、埋設部材 4 の下端部が天井面 1 から所定の長さだけ突出した状態となっていない場合、上記実施形態におけるガイドスリーブ 4 5 に設けられた収容穴 4 6 a 内に埋設部材 4 の一部を収容することができないことから、ガイドスリーブ 4 5 を介して棒状部材 6 を埋設部材 4 に向けて誘導することが困難となるおそれがある。

【0152】

特に、埋設部材 4 が、天井面 1 に形成された挿入孔 1 a 内に挿入固定されるあと施工アンカーである場合には、挿入孔 1 a の削孔深さがばらついたり、挿入孔 1 a に対する埋設部材 4 の挿入量がばらついたりすることによって、埋設部材 4 の下端部が天井面 1 から突出する状態となることもあれば、埋設部材 4 の下端部が天井面 1 から突出しない状態となることもある。

【0153】

このような場合であっても棒状部材 6 を埋設部材 4 に向けて精度よく誘導するために、図 1 4 に示す変形例のように、ガイドスリーブ 1 4 5（スリーブ）の形状及び構造を変更してもよい。図 1 4 は、図 8 に示される作業状態に相当する作業状態を示す図であり、ガイドスリーブ 1 4 5 の周辺を拡大して示している。

【0154】

図 1 4 に示されるガイドスリーブ 1 4 5 は、上記実施形態のガイドスリーブ 4 5 と同様に、貫通孔 1 4 6 の中心軸を通る平面を分割面として二つの部材 1 4 5 a、1 4 5 b に分割されており、これらの部材 1 4 5 a、1 4 5 b は、図示しないヒンジを介して連結されている。

【0155】

貫通孔 1 4 6 は、図 1 4 に示されるように、棒状部材 6 の外径よりも径が大きい内径を有し、保持部 3 2 によって保持された棒状部材 6 に向かって徐々に拡径する形状となっている。つまり、ガイドスリーブ 1 4 5 の貫通孔 1 4 6 は、上記実施形態のガイドスリーブ 4 5 のガイド穴 4 6 b に相当する機能のみを有し、貫通孔 1 4 6 には、上記実施形態のガイドスリーブ 4 5 の収容穴 4 6 a に相当する部分が設けられていない。

【0156】

また、ガイドスリーブ 1 4 5 には、埋設部材 4 に向かって徐々に外径が小さくなるテーパ部 1 4 7 が設けられる。テーパ部 1 4 7 の先端部の外径は、埋設部材 4 の外径、すなわち、天井面 1 に形成される挿入孔 1 a の内径よりも小さく設定される。

【0157】

このため、例えば、図 1 4 の右側に示されるように、埋設部材 4 の全体が挿入孔 1 a 内に挿入されることにより、天井面 1 から埋設部材 4 がまったく突出していない場合には、テーパ部 1 4 7 の先端部を挿入孔 1 a に差し込むことにより、ガイドスリーブ 1 4 5 を介して棒状部材 6 を埋設部材 4 に向けて確実に誘導することができる。

【0158】

また、テーパ部 1 4 7 の先端部には、埋設部材 4 に対してテーパ部 1 4 7 の先端部を吸着させることが可能な吸着部 1 4 8 が設けられる。

【0159】

吸着部 1 4 8 は、図示しないバキュームポンプで生じた負圧によってテーパ部 1 4 7 の先端面を埋設部材 4 の下端面に吸着させた吸着状態と、負圧の供給が遮断されることによって埋設部材 4 の下端面に対するテーパ部 1 4 7 の先端面の吸着が解除された非吸着状態

と、を切り換え可能な構造を有する。なお、吸着部 1 4 8 が生じる吸着力は、負圧によるものに限定されず、例えば、埋設部材 4 が金属製である場合には、電磁力によるものであってもよい。この場合、電磁力のオンオフによって吸着状態と非吸着状態とが切り換えられる。

【0160】

このようにガイドスリーブ 1 4 5 に吸着部 1 4 8 が設けられることによって、例えば、図 1 4 の左側に示されるように、天井面 1 から埋設部材 4 がほとんど突出しておらず、埋設部材 4 の下端面と天井面 1 とがほぼ面一となっている場合のように、上記実施形態のガイドスリーブ 4 5 の収容穴 4 6 a 内に埋設部材 4 の下端部を収容することができず、また、上述のテーパ部 1 4 7 の先端部を挿入孔 1 a に差し込むことができないような場合であっても、吸着部 1 4 8 によってテーパ部 1 4 7 の先端面を埋設部材 4 の下端面に吸着させることにより、ガイドスリーブ 1 4 5 を介して棒状部材 6 を埋設部材 4 に向けて確実に誘導することができる。

【0161】

また、上記実施形態では、部材取付ロボット 1 0 0 は、運搬ロボット 1 1 0 から棒状部材 6 が補充される。これに代えて、部材取付ロボット 1 0 0 は、複数の棒状部材 6 を保持可能な保持部を備えるとともに、自ら棒状部材 6 を部材取付部 2 4 に補充可能な構成を備えていてもよい。具体的には、部材取付ロボット 1 0 0 は、図 1 5～図 2 1 に示される変形例のような、棒状部材 6 を部材取付部 2 4 へと補充することが可能な補充機構 2 0 0 を備えていてもよい。図 1 5 は、補充機構 2 0 0 を備えた部材取付ロボット 1 0 0 の側面図であり、図 1 6 は、図 1 5 の矢印 F で示される方向から見た上面図であり、図 1 7 は、図 1 6 の G-G 線に沿う断面の概略を示した図である。また、図 1 8 から図 2 1 は、棒状部材 6 を部材取付部 2 4 へと受け渡す工程について説明するための図である。なお、図 1 8 から図 2 0 は、図 1 6 と同じ視点から見た図であるが、図 1 8 から図 2 0 では、棒状部材 6 の延在方向が図面において左右方向となっている。

【0162】

補充機構 2 0 0 は、複数の棒状部材 6 を貯留するとともに、棒状部材 6 を 1 本ずつ供給可能な供給装置 2 1 0 と、供給装置 2 1 0 から供給された棒状部材 6 を把持し、上述の部材取付部 2 4 へと棒状部材 6 を受け渡し受け渡し装置 2 3 0 と、供給装置 2 1 0 から供給された棒状部材 6 を、受け渡し装置 2 3 0 が把持する位置へとスライドさせるスライド装置 2 2 0 と、を有する。

【0163】

供給装置 2 1 0 は、図 1 5 に示されるように、台車部 1 0 に設けられた支柱 1 2 から比較的近い位置に設置されており、図 1 7 に示すように、複数の棒状部材 6 を貯留する貯留部 2 1 1 と、貯留部 2 1 1 内に貯留された棒状部材 6 を貯留部 2 1 1 の下方から 1 本ずつ取り出す取出機構 2 1 2 と、を有する。

【0164】

貯留部 2 1 1 内には、複数の棒状部材 6 を長手方向が略水平方向となる状態で貯留可能な貯留空間 2 1 1 a が形成されている。貯留空間 2 1 1 a は、上方及び下方において開口しており、下方は取出機構 2 1 2 によって開閉される開口部 2 1 1 c となっている。

【0165】

また、貯留部 2 1 1 には、図 1 5 に示すように、貯留空間 2 1 1 a への棒状部材 6 の補充が作業員によって容易に行われるようにするために、側面において開口する補充開口 2 1 1 b が形成されている。このように側面に補充開口 2 1 1 b を形成しておくことにより、例えば、ロットで納品された複数の棒状部材 6 を図示しない補充容器に一旦収容し、補充容器から貯留空間 2 1 1 a へと補充開口 2 1 1 b を通じて複数の棒状部材 6 を一度に補充することが可能である。なお、作業員による棒状部材 6 の補充は、棒状部材 6 の補充が必要と自ら判定した部材取付ロボット 1 0 0 が作業エリアからバックヤード等に戻ってきた際、または、作業エリアにおいて作業中の部材取付ロボット 1 0 0 から棒状部材 6 の補充の要請が発報等された際に行われる。

【0166】

取出機構212は、支持ピン214を中心に回転することによって貯留部211の開口部211cを開閉可能な供給板213と、供給板213に形成されたスリット213bを通じて上下方向に進退可能に設けられた仕切板215と、開口部211cを開放する位置と開口部211cを閉塞する位置とに供給板213の位置を切り替え可能な図示しない電動アクチュエータと、仕切板215の上端が供給板213から突出した状態と仕切板215の上端が供給板213から突出していない状態とに仕切板215の位置を切り替え可能な図示しない電動アクチュエータと、を有する。

【0167】

供給板213には、スリット213bを挟んで支持ピン214とは反対側に、棒状部材6の落下を防止するための突起213aが上方に向かって形成されている。

【0168】

供給板213は、図16に示すように、貯留部211の長手方向、すなわち、棒状部材6の長手方向に沿って複数設けられており、これらは互いに連動するように構成されている。仕切板215は、すべての供給板213に設けられている必要はなく、少なくとも1つ設けられていればよい。なお、仕切板215が複数設けられている場合、各仕切板215は互いに連動するように構成される。

【0169】

このように構成された取出機構212の作動について、図17を参照して説明する。

【0170】

供給板213が、図17(a)において矢印Hで示される方向に回転されると、開口部211cが開放され、貯留空間211a内の棒状部材6は、自重により、開口部211cから供給板213の上面に沿って滑り出す。滑り出た棒状部材6の移動は、供給板213に形成された突起213aによって制限される。

【0171】

供給板213の上面に棒状部材6が滑り出した状態において、仕切板215が、図17(b)において矢印Jで示される方向に移動すると、隣り合う棒状部材6の間に仕切板215が割り込むことにより、供給板213の突起213aと仕切板215との間には棒状部材6が1本だけある状態となる。

【0172】

この状態から供給板213が開口部211cを閉塞する方向へと回転されると、供給板213上には、1本の棒状部材6が残されることになる。このようにして、取出機構212によって、貯留部211の下方から棒状部材6を1本ずつ取り出すことが可能である。

【0173】

スライド装置220は、貯留部211の長手方向、すなわち、棒状部材6の長手方向に沿って可動片222を往復移動させることが可能な電動スライダ221であり、供給装置210とともに台車部10の本体部11の上面に設置される。

【0174】

可動片222には、棒状部材6の端面に当接する当接板223が取り付けられており、当接板223の先端部は、図17(a)に示されるように、供給板213の突起213aと貯留部211との間の隙間に進入可能な鉤形状となっている。

【0175】

このように、スライド装置220は、取出機構212によって貯留部211から供給板213上に取り出された棒状部材6を、棒状部材6の軸方向に沿ってスライドさせることが可能な構成となっている。

【0176】

受け渡し装置230は、図15及び図16に示すように、棒状部材6を把持可能な把持機構235と、水平方向における把持機構235の位置を変更可能な電動シリンダ231と、電動シリンダ231の伸縮中心軸C1を中心に鉛直平面内において把持機構235を回転させることが可能な回転機構240と、鉛直方向における把持機構235の高さを変

更可能なスライダ機構 2 4 4 と、を有する。

【 0 1 7 7 】

把持機構 2 3 5 は、一对の把持部 2 3 7 と、把持部 2 3 7 が両端に取り付けられた支持部材 2 3 6 と、を有し、支持部材 2 3 6 を介して、回動機構 2 4 0 に取り付けられている。

【 0 1 7 8 】

把持部 2 3 7 は、いわゆる平行開閉グリッパであり、対向して配置される一对の可動片 2 3 8 と、一对の可動片 2 3 8 を互いに近付けたり離したりすることが可能な図示しない電動アクチュエータと、で構成される。

【 0 1 7 9 】

電動シリンダ 2 3 1 は、シリンダ部 2 3 2 と、シリンダ部 2 3 2 から突出するロッド部 2 3 3 と、を有し、伸縮中心軸 C 1 に沿って伸縮作動する。ロッド部 2 3 3 の先端には、回動機構 2 4 0 を介して把持機構 2 3 5 が取り付けられている。

【 0 1 8 0 】

回動機構 2 4 0 は、図示しない電動シリンダまたは図示しない電動モータによって、把持機構 2 3 5 を、電動シリンダ 2 3 1 の伸縮中心軸 C 1 を中心に鉛直平面内において回動させる機構であり、支持部材 2 3 6 の長手方向が略水平方向となる第 1 位置と、支持部材 2 3 6 の長手方向が略鉛直方向となる第 2 位置と、の何れかの位置に把持機構 2 3 5 の位置を切り替え可能な構造となっている。

【 0 1 8 1 】

スライダ機構 2 4 4 は、鉛直方向に沿って可動片 2 4 6 を往復移動させることが可能な電動スライダ 2 4 5 であり、電動スライダ 2 4 5 は、台車部 1 0 の本体部 1 1 の上面に立設されている。なお、電動スライダ 2 4 5 は、アームプレート 2 5 の動きを妨げることをしない位置に設置されている。

【 0 1 8 2 】

スライダ機構 2 4 4 の可動片 2 4 6 には、電動シリンダ 2 3 1 のシリンダ部 2 3 2 が固定されているため、鉛直方向における可動片 2 4 6 の高さを変更することによって、鉛直方向における電動シリンダ 2 3 1 の高さ、すなわち、把持機構 2 3 5 の高さを変更することが可能である。

【 0 1 8 3 】

補充機構 2 0 0 の各部の作動は、部材取付ロボット 1 0 0 の作動を制御する制御部 5 0 によって制御される。なお、制御部 5 0 とは別の制御部が設けられてもよい。

【 0 1 8 4 】

続いて、上記構成の補充機構 2 0 0 によって、棒状部材 6 を部材取付部 2 4 へと受け渡す工程について、主に図 1 8 から図 2 1 を参照して説明する。

【 0 1 8 5 】

上述のように、取出機構 2 1 2 によって貯留部 2 1 1 の下方から棒状部材 6 が取り出されると、図 1 8 に示すように、1 本の棒状部材 6 が複数の供給板 2 1 3 によって支持された状態となる。

【 0 1 8 6 】

ここで、貯留部 2 1 1 内では、棒状部材 6 がその軸方方向において、ある程度自由に移動可能であることから、図 1 8 に示される状態において棒状部材 6 を把持機構 2 3 5 の把持部 2 3 7 によって把持すると、棒状部材 6 は、毎回、異なる位置で把持されることになる。このため、部材取付部 2 4 へと棒状部材 6 を受け渡す際に、毎回、異なる微調整が必要となってしまう。

【 0 1 8 7 】

そこで、この変形例では、図 1 9 に示されるように、把持部 2 3 7 により棒状部材 6 が把持される前に、スライド装置 2 2 0 によって、棒状部材 6 の位置を予め所定の位置へとスライドさせている。具体的には、取出機構 2 1 2 によって棒状部材 6 が取り出されたことが確認されると、スライド装置 2 2 0 は、可動片 2 2 2 を把持機構 2 3 5 に向かって予

め設定された距離だけ移動させる。

【0188】

このように可動片222が把持機構235に向かって移動する過程で、当接板223は棒状部材6の端面に当接する。このため、棒状部材6は、当接板223及び可動片222と共にスライドすることになり、結果として、スライド後の棒状部材6の位置は、毎回、同じ位置となる。

【0189】

スライド装置220による棒状部材6のスライドが完了すると、図20に示されるように、把持機構235が棒状部材6へと近づくように、電動シリンダ231が所定の距離だけ伸長する。そして、電動シリンダ231が伸長した後、把持部237により棒状部材6が把持される。なお、供給板213の設置位置は、把持部237が棒状部材6を把持する位置を避けた位置に予め設定されている。このため、各把持部237は、供給板213の間において棒状部材6をそれぞれ把持することができる。

【0190】

把持機構235により棒状部材6が把持されたことが確認されると、スライダ機構244は、可動片246を上方に向かって予め設定された距離だけ移動させる。

【0191】

棒状部材6を把持した把持機構235の上方への移動が完了すると、続いて、回動機構240によって、把持機構235の位置が、支持部材236の長手方向が略水平方向となる第1位置から支持部材236の長手方向が略鉛直方向となる第2位置へと切り替えられる。なお、回動機構240が把持機構235を回動する方向は毎回同じであり、図20及び図21に示される例では、一对の把持部237のうち棒状部材6の端部に近い部分を把持した把持部237の方が、第2位置となったときに、下側に位置するように回動されている。

【0192】

把持機構235の位置が第2位置となると、図21に示されるように、保持部32の固定ブロック33に形成されたU字溝33a内に、把持機構235により把持された棒状部材6が進入するまで、電動シリンダ231が伸長する。

【0193】

U字溝33a内に棒状部材6が進入したことが確認されると、続いて、スライダ機構244は、可動片246を僅かに下方へと移動させる。ここでの可動片246の移動量は、電動モータ27の回転軸27aに取り付けられたソケット28内に挿入される棒状部材6の長さに応じて設定される（図3参照）。

【0194】

回動ブロック34の位置がU字溝33aを閉塞する位置となり、保持部32によって棒状部材6が保持されたことが確認されると、把持機構235による棒状部材6の把持が解除される。その後、部材取付ユニット20から把持機構235を遠ざけるために、電動シリンダ231が収縮する。

【0195】

電動シリンダ231が収縮した後、把持機構235の位置は、回動機構240によって第2位置から第1位置へと切り替えられる。把持機構235の位置が切り替えられた後、スライダ機構244は、図15に示される位置へと可動片246を下方に移動させる。これにより、補充機構200は、図15に示されるように、棒状部材6を受け渡すことが可能な状態となる。

【0196】

以上のような工程を経て、棒状部材6は、補充機構200によって、部材取付部24へと順次受け渡される。

【0197】

なお、取出機構212によって貯留部211の下方から棒状部材6を取り出し、取り出された棒状部材6を把持機構235によって把持するまでの工程は、部材取付ロボット1

００が、上述のように棒状部材６を埋設部材４に取り付ける作業を行っている間に行われる。このため、棒状部材６の取り付け作業が終わった部材取付ロボット１００に対して棒状部材６を迅速に補充することができる。なお、補充機構２００を部材取付ロボット１００に搭載することに代えて、上述の運搬ロボット１１０を、上記補充機構２００と同等の機構を備えたものとしてもよい。

【０１９８】

また、上記実施形態では、棒状部材６の傾きの修正は、部材取付ロボット１００を移動させることだけで行われている。これに代えて、棒状部材６の傾きの修正は、部材取付ロボット１００を移動させることに加えて回動モータ２２によってアームプレート２５を積極的に回動させることによって行われてもよいし、部材取付ロボット１００を移動させることなく、回動モータ２２によってアームプレート２５を回動させることだけで行われてもよい。

【０１９９】

また、上記実施形態では、部材取付ロボット１００は、台車部１０の情報取得器１５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。部材取付ロボット１００は、自己位置の認識精度を向上させるために、情報取得器１５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。

【０２００】

また、上記実施形態では、棒状部材６は、埋設部材４に対して螺合されることにより取り付けられている。これに代えて、棒状部材６は、埋設部材４に対して嵌入されることによって取り付けられるものであってもよい。この場合、電動モータ２７が不要となる。

【０２０１】

また、上記実施形態では、棒状部材６には、ハンガーやハンガーの位置決めナットが取り付けられていないが、棒状部材６は、ハンガーやハンガーの位置決めナットが予め取り付けられたものであってもよい。また、埋設部材４に取り付けられた棒状部材６に対してハンガーやハンガーの位置決めナットを取り付ける部材取付ロボットを別途配備してもよい。

【０２０２】

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

天井面に設けられた埋設部材に対してネジ部を有する棒状部材を取り付ける部材取付ロボットであって、
床面を移動可能な台車部と、
前記床面に平行な支持軸を中心として回動自在に前記台車部によって支持され、前記棒状部材を保持するとともに前記埋設部材への前記棒状部材の取り付けを行う部材取付部と、
前記支持軸を中心に前記部材取付部を回動させる駆動部と、
前記埋設部材の傾きを検出可能な検出部と、
前記台車部、前記部材取付部及び前記駆動部の作動を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、
前記部材取付部により保持された前記棒状部材の傾きが、前記検出部によって検出された前記埋設部材の傾きと略一致するように、前記駆動部及び前記台車部の少なくとも一方を作動させてから、前記埋設部材に前記棒状部材を取り付けるように前記部材取付部を作動させる、
部材取付ロボット。

請求項 2

前記検出部は、前記埋設部材及び前記天井面までの距離を検出可能な距離検出部であって、
前記制御部は、
前記距離検出部により検出された前記天井面までの距離から基準傾斜角を算出し、
前記距離検出部により検出された前記埋設部材までの距離から計測傾斜角を算出し、
前記基準傾斜角と前記計測傾斜角との差分を前記埋設部材の傾きとして演算する、
請求項 1 に記載の部材取付ロボット。

請求項 3

前記部材取付部は、前記棒状部材を保持する保持部と、前記保持部により保持された前記棒状部材を前記埋設部材に取り付ける操作を行う取付操作部と、を有し、
前記制御部は、傾いた前記埋設部材に前記棒状部材を取り付けるように前記取付操作部を作動させた後、前記天井面に対して前記棒状部材が略垂直となるように修正するための修正荷重が、前記保持部を介して前記棒状部材に付与されるように、前記駆動部及び前記台車部の少なくとも一方を作動させる、
請求項 1 または 2 に記載の部材取付ロボット。

請求項 4

前記部材取付ロボットの周囲を撮像可能な撮像部をさらに備え、
前記制御部は、前記撮像部により撮像された画像に基づいて、前記棒状部材に対して前記修正荷重を付与することが可能か否かを判定する、
請求項 3 に記載の部材取付ロボット。

請求項 5

前記部材取付部は、前記埋設部材に向けて前記棒状部材をガイド可能なスリーブをさらに有し、
前記制御部は、前記埋設部材の近傍に前記スリーブが到達したと判定された後、前記埋設部材に前記棒状部材を取り付けるように前記部材取付部を作動させる、

請求項 1 または 2 に記載の部材取付ロボット。

請求項 6

前記制御部は、前記埋設部材への前記棒状部材の差込量に基づいて、前記棒状部材の取付けの適否を判定する、
請求項 1 または 2 に記載の部材取付ロボット。