

天井ボード施工ロボット
CEILING BOARD INSTALLATION ROBOT

技術分野

【０００１】

本発明は、天井ボード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野縁に対して天井ボードを取り付ける天井ボード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に記載された天井ボード施工ロボットは、ビスを介して野縁に対して天井ボードを取り付けるものである。このため、天井スラブにより支持された枠体に天井ボードを載置することによって天井ボードを施工する方法では、J P 2 0 1 8 - 1 2 3 6 4 5 Aに記載の天井ボード施工ロボットを採用することができなかった。

【０００４】

本発明は、天井スラブにより支持された枠体に天井ボードを載置することが可能な天井ボード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枠体に天井ボードを載置する天井ボード施工ロボットは、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、昇降部から枠体に向かって延びるアーム部と、アーム部の先端側に設けられ天井ボードを保持可能な保持部と、枠体の形状に関する枠体状態を検知可能な状態検知部と、アーム部の作動を制御する制御部と、を備え、制御部は、保持部によって保持された天井ボードが枠体の上方から落とし込まれることにより枠体に載置されるように、状態検知部によって検知された枠体状態に基づいて、アーム部を作動させる。

図面の簡単な説明

【０００６】

図１は、本発明の実施形態に係る天井ボード施工ロボットによって行われる天井ボード設置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天井ボード施工ロボットによって行われる空間状態検知作業のイメージを示したイメージ図である。

図３は、本発明の実施形態に係る天井ボード施工ロボットによって行われる天井ボード受け取り作業のイメージを示したイメージ図である。

図４Ａは、図３の矢印Ａ部を拡大して示した拡大図であり、天井ボード施工ロボットが天井ボードを保持する前の状態を示す図である。

図４Ｂは、図３の矢印Ａ部を拡大して示した拡大図であり、天井ボード施工ロボットが天井ボードを保持した後の状態を示す図である。

図５は、天井ボード施工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６は、図３の矢印Ｂで示される方向から見た運搬ロボットの一部を示した図である。

図７は、天井ボード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８Ａは、天井ボード施工ロボットが行う天井ボード設置作業を説明するための概略図である。

図８Ｂは、天井ボード施工ロボットが行う天井ボード設置作業を説明するための概略図であり、図８Ａに続く状態を示す図である。

図８Ｃは、天井ボード施工ロボットが行う天井ボード設置作業を説明するための概略図であり、図８Ｂに続く状態を示す図である。

図８Ｄは、天井ボード施工ロボットが行う天井ボード設置作業を説明するための概略図であり、図８Ｃに続く状態を示す図である。

図９は、本発明の実施形態に係る天井ボード施工ロボットの変形例を示す図である。

図１０は、図９のＣ－Ｃ線に沿う断面を拡大して示した拡大断面図である。

図１１は、図９に示される天井ボード施工ロボットの動作を説明するための図である。

図１２は、図９のＤ－Ｄ線に沿う断面を拡大して示した拡大断面図である。

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天井ボード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天井ボード施工ロボット１００（以下、「施工ロボット」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により支持された枠体６に天井ボード８を載置する作業を行うものである。

【０００９】

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、天井ボード８が載置される枠体６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。

【００１０】

天井ボード８は、所定の厚みを有する平板状の岩綿吸音板であり、天井ボード８が載置される枠体６は、断面が略Ｔ字状のバー部材（Ｔバー）が格子状に結合されることによって形成される。

【００１１】

枠体６と天井ボード８とは、いわゆるグリッドタイプのシステム天井を構成するものであり、バー部材で区切られた枠体６の開口部に天井ボード８が上方から落とし込まれることによって、天井ボード８は、鉛直方向下方から枠体６により支持された状態となる。

【００１２】

施工ロボット１００は、図１に示されるように枠体６に天井ボード８を載置する動作の他に、図２に示されるように、天井スラブ１と枠体６との間の空間の空間状態を検知する動作や、図３に示されるように、運搬ロボット１１０によって運搬される天井ボード８を運搬ロボット１１０から受け取る動作を行うことが可能である。図１～３は、施工ロボット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。

【００１３】

運搬ロボット１１０は、施工ロボット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台の施工ロボット１００に対して１台ずつ配置されていてもよいし、複数の施工ロボット１００に対して１台配置されていてもよい。

【００１４】

施工ロボット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、施工ロボット１００は、台車部１０に施工ユニット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。

【００１５】

まず、図1～5を参照し、施工ロボット100の構成について説明する。図4A及び図4Bは、図3の矢印Aで示される部分を拡大して示した拡大図であり、図5は、施工ロボット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。

【0016】

施工ロボット100は、図1～3に示すように、床面2を移動可能な台車部10と、台車部10上に載置される昇降部21と、昇降部21から枠体6に向かって伸びるアーム部30と、アーム部30の先端側に設けられ天井ボード8を保持可能な保持部40と、台車部10、昇降部21及びアーム部30の作動を制御する制御部50と、を備える。なお、施工ユニット20は、台車部10以外の機構によって構成される。

【0017】

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、施工ユニット20へ電力を供給する電力供給源としても使用される。

【0018】

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。

【0019】

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-L i D A R (light detection and ranging) センサが用いられてもよい。

【0020】

台車部10上に取り付けられる施工ユニット20の昇降部21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21の上端には、アーム部30を設置するためのフランジ部24が設けられる。このようにアーム部30を上下方向に移動させる昇降部21を設けることによって、アーム部30の可動範囲が広がるため、比較的小型のアーム部30を採用することができる。

【0021】

なお、昇降部21を設けることなく、アーム部30を大型化することによってアーム部30の可動範囲を大きくすることも可能である。しかしながら、アーム部30を大型化して可動範囲を大きくすると、安全性を確保すべきエリアが広がり、施工ロボット100の周囲で作業員が作業を行うことができなくなるため、結果として作業効率が低下してしまうおそれがある。また、アーム部30を大型化した場合、枠体6周辺での小回りが利かず、枠体6と干渉しやすくなり、天井ボード8を載置する作業が困難になるおそれがある。このような理由から、昇降部21を設け、比較的小型のアーム部30を採用することが好ましい。

【0022】

アーム部30は、エンドエフェクタとして先端に取り付けられた保持部40の姿勢を三次元において任意の姿勢とすることが可能な、いわゆる垂直多関節型のロボットアームで

ある。

【0023】

具体的には、アーム部30は、設置プレート26に固定される基部32aと、第1回動部31aを介して連結方向軸線を中心に回動可能に基部32aと連結される第1リンク部32bと、第2回動部31bを介して水平方向軸線を中心に回動可能に第1リンク部32bと連結される第2リンク部32cと、第3回動部31cを介して水平方向軸線を中心に回動可能に第2リンク部32cと連結される第3リンク部32dと、第4回動部31dを介して連結方向軸線を中心に回動可能に第3リンク部32dと連結される第4リンク部32eと、第5回動部31eを介して第4回動部31dの回動軸に対して垂直な方向の軸線を中心に回動可能に第4リンク部32eと連結される第5リンク部32fと、第6回動部31fを介して連結方向軸線を中心に回動可能に第5リンク部32fと連結される第6リンク部32gと、を有する。

【0024】

各回動部31a～31fには、各回動部31a～31fを回動させる図示しないサーボモータ及び減速機がそれぞれ設けられる。

【0025】

なお、アーム部30は、上述のように軸数が6軸のものに限定されず、軸数が7軸以上のものであってもよい。

【0026】

上記構成のアーム部30は、設置プレート26を介して、昇降部21のフランジ部24に取り付けられる。

【0027】

次に、図4A及び図4Bを参照し、アーム部30の先端部である第6リンク部32gに取り付けられる保持部40の構成について説明する。図4Aは、保持部40によって天井ボード8が保持される前の状態を示しており、図4Bは、保持部40によって天井ボード8が保持された後の状態を示している。

【0028】

図4Aに示すように、保持部40は、第6リンク部32gに取り付けられる円盤状の本体部41と、本体部41から第6リンク部32gとは反対の方向に向かって突出する複数のニードル42（突起）と、複数のニードル42を囲むように配置された円環状の保護リング43と、一端が保護リング43に結合され他端が本体部41によって支持される複数の棒部材44と、保護リング43を本体部41から引き離す方向に付勢するバネ部材45と、を有する。

【0029】

本体部41には、バネ部材45を收容するとともに保護リング43を收容可能な環状の收容溝41aと、收容溝41aの底面に貫通して形成され棒部材44が挿通する貫通孔41bと、が設けられる。

【0030】

上記構成の保持部40によれば、保持部40によって天井ボード8が保持される前は、図4Aに示されるように、径方向外側から見てニードル42の先端が保護リング43によって覆われた状態となる。このため、ニードル42が不用意に天井ボード8に接触することで天井ボード8を傷つけたり、作業員がニードル42に接触したりすることを防止することができる。

【0031】

一方、保持部40が天井ボード8の表面8aに押し付けられると、図4Bに示すように、バネ部材45が圧縮されるとともに保護リング43が本体部41の收容溝41a内に收容され、ニードル42が露出した状態となる。このように露出した複数のニードル42が天井ボード8の表面8aに突き刺さることによって、天井ボード8は、保持部40により保持された状態となる。

【0032】

保持部 4 0 の構成は上記構成に限定されず、保護リング 4 3 といったニードル 4 2 を覆うための部材を設けることなく、単に、第 6 リンク部 3 2 g に取り付けられる本体部 4 1 と、本体部 4 1 から突出する複数のニードル 4 2 と、からなるものであってもよいし、保持部 4 0 が天井ボード 8 に接近したことが検知されると複数のニードル 4 2 が天井ボード 8 に向かって突出するように構成されたものであってもよい。

【 0 0 3 3 】

また、保持部 4 0 は、ニードル 4 2 を天井ボード 8 に突き刺すことによって天井ボード 8 を保持するものに限定されず、負圧によって天井ボード 8 の表面 8 a を吸引して保持するものであってもよい。なお、一般的に岩綿吸音板（天井ボード 8）には、複数の通気孔が形成されているため、吸引によって保持するには比較的大きな吸引力が必要となる。このため、天井ボード 8 を確実に保持するには、ニードル 4 2 を有する保持部 4 0 を用いることが好ましい。

【 0 0 3 4 】

施工ロボット 1 0 0 は、上記各機構に加えて、枠体 6 の形状に関する枠体状態及び天井スラブ 1 と枠体 6 との間の空間の空間状態を検知するために、これらを検知可能な第 1 距離センサ 5 1（状態検知部）及び第 2 距離センサ 5 2（状態検知部）をさらに備える。

【 0 0 3 5 】

第 1 距離センサ 5 1 は、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、アーム部 3 0 の第 5 リンク部 3 2 f に固定される。具体的には、図 4 A に示されるように、第 1 距離センサ 5 1 は、検出面 5 1 a が第 5 リンク部 3 2 f と第 6 リンク部 3 2 g の連結軸方向を向くように、すなわち、距離を検出する方向が保持部 4 0 側を常に指向するように、第 5 リンク部 3 2 f のトラニオン部に固定される。なお、第 1 距離センサ 5 1 は、第 6 リンク部 3 2 g に固定されていてもよい。

【 0 0 3 6 】

第 1 距離センサ 5 1 により計測を行う際には、第 5 回転部 3 1 e や第 4 回転部 3 1 d を所定の範囲で回転させてスキャン計測することによって、第 1 距離センサ 5 1 の設置位置から計測対象物までの距離を比較的広い範囲に渡って精度よく取得することが可能である。なお、第 1 距離センサ 5 1 としては、T o F（Time of Flight）方式の三次元距離センサや第 5 リンク部 3 2 f と第 6 リンク部 3 2 g の連結軸を含む平面上にある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）センサが用いられてもよいが、測定精度の観点からはポイント式レーザ距離センサを用いることが好ましい。

【 0 0 3 7 】

また、第 1 距離センサ 5 1 は、アーム部 3 0 の先端付近に設けられているため、例えば、図 2 に示すように、枠体 6 の形状に関する枠体状態及び天井スラブ 1 と枠体 6 との間の空間の空間状態を精度よく検知することが可能であるとともに、図 3 に示すように、運搬ロボット 1 1 0 によって運搬される天井ボード 8 の形状に関する天井ボード状態を精度よく検知することが可能である。

【 0 0 3 8 】

第 1 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、後述のように主にアーム部 3 0 の動作を制御するために用いられる。

【 0 0 3 9 】

第 2 距離センサ 5 2 は、天井スラブ 1 側に向けて設置された T o F（Time of Flight）方式の三次元距離センサであり、第 2 距離センサ 5 2 の設置位置から計測対象物までの距離を示す深度データ（Depth data）を取得可能なセンサである。第 2 距離センサ 5 2 は、アーム部 3 0 とともに設置プレート 2 6 に固定される。なお、第 2 距離センサ 5 2 を枠体 6 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第 2 距離センサ 5 2 を設置プレート 2 6 に固定してもよい。

【 0 0 4 0 】

このように第 2 距離センサ 5 2 を鉛直方向上方に向けて設置することによって、例えば

、図１に示すように、天井ボード８を載置する作業を監視することが可能であるとともに、図２に示すように、枠体６の形状に関する枠体状態及び天井スラブ１と枠体６との間の空間の空間状態を検知することが可能である。

【００４１】

第２距離センサ５２によって検出された距離は、制御部５０へと送られ、後述のように主に施工ロボット１００を枠体６の下方へと正確に移動させる際や載置作業の監視、載置作業の適否判定などにおいて用いられる。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、枠体６の位置や天井ボード８の載置状況を十分に把握することができる場合には、第２距離センサ５２を設けなくともよい。

【００４２】

制御部５０は、図５に示すように、第１距離センサ５１、第２距離センサ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、昇降部２１及びアーム部３０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、枠体６に天井ボード８を載置する後述の方法の説明において詳述する。

【００４３】

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、施工ユニット２０と台車部１０とにそれぞれ設けられていてもよい。

【００４４】

また、制御部５０には、図５に示すように、施工ロボット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。

【００４５】

次に、図３、図５及び図６を参照し、天井ボード８を運搬する運搬ロボット１１０について説明する。図６は、図３において矢印Ｂで示される方向から見た運搬ロボット１１０の上面を部分的に示した図であり、台車部１０等を省略して示している。

【００４６】

運搬ロボット１１０は、図３、図５及び図６に示すように、床面２を移動可能な台車部１０と、複数の天井ボード８が水平方向に重ね合わせられた状態で積載されるローラコンベヤ６４と、ローラコンベヤ６４に沿って複数の天井ボード８を送り出す送出機構６５と、水平方向に積層された天井ボード８が倒れることを防止する第１倒れ防止機構６６及び第２倒れ防止機構６７と、天井ボード８の表面８ａが施工ロボット１００側を向くように天井ボード８を反転させる反転機構６８と、台車部１０に立設され、これら各機構を支持する支柱６２と、台車部１０、送出機構６５、第１倒れ防止機構６６、第２倒れ防止機構６７及び反転機構６８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。

【００４７】

台車部１０は、施工ロボット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。

【００４８】

ローラコンベヤ６４は、複数の回転ローラ６４ａと、複数の回転ローラ６４ａを囲むよ

うに設けられた無端ベルト 6 4 b と、を有し、上側の平坦面に天井ボード 8 が積載されるように、図示しないブラケットを介して支柱 6 2 に固定される。

【 0 0 4 9 】

送出機構 6 5 は、ローラコンベヤ 6 4 の回転方向に沿って延び支柱 6 2 に固定されるレール部材 6 5 a と、レール部材 6 5 a に沿って移動可能な押当部 6 5 b と、押当部 6 5 b を移動させる図示しない電動スライドと、押当部 6 5 b の移動量を計測可能な移動量センサ 6 5 c と、を有する。

【 0 0 5 0 】

送出機構 6 5 は、施工ロボット 1 0 0 により天井ボード 8 が引き取られたことが検知されると、電動スライドを駆動し押当部 6 5 b を天井ボード 8 に押し付けることによって、複数の天井ボード 8 全体をローラコンベヤ 6 4 に沿って移動させる。これにより次に施工ロボット 1 0 0 へと引き渡される天井ボード 8 が所定の位置まで送り出だされる。施工ロボット 1 0 0 により天井ボード 8 が引き取られたか否かや、天井ボード 8 が所定の位置まで送り出だされたか否かについては、図示しない近接センサ等によって検知される。

【 0 0 5 1 】

また、天井ボード 8 を送り出す際に押当部 6 5 b が移動した距離を移動量センサ 6 5 c によって随時計測しておくことにより、何枚の天井ボード 8 が施工ロボット 1 0 0 に供給されたか、すなわち、運搬ロボット 1 1 0 に何枚の天井ボード 8 が残っているかを把握することが可能である。

【 0 0 5 2 】

なお、送出機構 6 5 のレール部材 6 5 a は、ローラコンベヤ 6 4 を挟み込むように配置された一対のレール部材であってもよく、この場合、押当部 6 5 b は一対のレール部材によって下方から支持される。

【 0 0 5 3 】

第 1 倒れ防止機構 6 6 は、施工ロボット 1 0 0 へと引き渡される天井ボード 8 が、施工ロボット 1 0 0 によって保持される前に倒れてしまうことを防止するものであり、第 2 倒れ防止機構 6 7 は、天井ボード 8 が施工ロボット 1 0 0 によって引き取られる際に、施工ロボット 1 0 0 に引き取られる天井ボード 8 と重なり合っていた 2 番目の天井ボード 8 が倒れてしまうことを防止するものである。

【 0 0 5 4 】

第 1 倒れ防止機構 6 6 は、ローラコンベヤ 6 4 の回転方向に沿って延びブラケット 6 6 c を介して支柱 6 2 に固定される本体部 6 6 a と、本体部 6 6 a から下方に向かって延び、天井ボード 8 に押し付けられる押付部 6 6 b と、を有する。押付部 6 6 b には、上下方向に伸縮可能な電動シリンダが内蔵されており、押付部 6 6 b が伸長することによって、天井ボード 8 は、押付部 6 6 b とローラコンベヤ 6 4 とにより挟持された状態となる。

【 0 0 5 5 】

第 2 倒れ防止機構 6 7 は、ローラコンベヤ 6 4 の回転方向に沿って延びブラケット 6 7 d を介して支柱 6 2 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、ロッド部 6 7 b の先端から下方に向かって延び、天井ボード 8 に押し付けられる押付部 6 7 c と、を有する。

【 0 0 5 6 】

押付部 6 7 c には、上下方向に伸縮可能な電動シリンダが内蔵されており、押付部 6 7 c が伸長することによって、天井ボード 8 は、押付部 6 7 c とローラコンベヤ 6 4 とにより挟持された状態となる。

【 0 0 5 7 】

また、シリンダ部 6 7 a 及びロッド部 6 7 b は、送出機構 6 5 のレール部材 6 5 a に沿って伸縮可能な電動シリンダを構成するものであり、送出機構 6 5 の送出速度に合わせて伸長するように制御される。このため、送出機構 6 5 によって複数の天井ボード 8 が送り出される際に、天井ボード 8 が倒れてしまうことを防止することができる。

【 0 0 5 8 】

反転機構 6 8 は、天井ボード 8 を保持可能な保持部 6 8 a と、一端に保持部 6 8 a が設けられ他端がブラケット 6 8 c を介して支柱 6 2 に取り付けられるアーム部 6 8 b と、を有する。アーム部 6 8 b は、回転軸 6 8 d を中心として回転可能にブラケット 6 8 c により支持されており、アーム部 6 8 b の位置は、図示しないサーボモータによって、図 6 において実線で示される位置と破線で示される位置との 2 つの位置に切り替えられる。

【 0 0 5 9 】

保持部 6 8 a は、施工ロボット 1 0 0 の保持部 4 0 と同じ構成を有するとともに、本体部 4 1 の収容溝 4 1 a に収容された保護リング 4 3 を収容溝 4 1 a 内から押し出すように作動する図示しない電動アクチュエータを有する。電動アクチュエータは、施工ロボット 1 0 0 の保持部 4 0 により天井ボード 8 が保持されたことが検知されたときに作動し、これにより反転機構 6 8 の保持部 6 8 a による天井ボード 8 の保持が解除される。

【 0 0 6 0 】

ここで、天井ボード 8 は、一般的に、表面 8 a を保護するために、表面 8 a が重ね合わせられた 2 枚の天井ボード 8 を一組とし、複数組が重ねられた状態で市場に流通する。つまり、施工現場に搬入された複数の天井ボード 8 をそのまま施工ロボット 1 0 0 に対して供給した場合、表面 8 a と裏面 8 b とが交互に露出することになる。

【 0 0 6 1 】

一方で、施工ロボット 1 0 0 の保持部 4 0 は、上述のように、天井ボード 8 の表面 8 a を保持するように構成されている。

【 0 0 6 2 】

このため、運搬ロボット 1 1 0 は、上記構成の反転機構 6 8 によって、天井ボード 8 の裏面 8 b が施工ロボット 1 0 0 側を向いている場合には、天井ボード 8 の表面 8 a が施工ロボット 1 0 0 側を向くように、天井ボード 8 を反転させている。

【 0 0 6 3 】

運搬ロボット 1 1 0 は、上述のように押当部 6 5 b の移動量を計測する移動量センサ 6 5 c の検出値に基づいて、ローラコンベヤ 6 4 上に何枚の天井ボード 8 が積載されているかを把握している。ローラコンベヤ 6 4 上の天井ボード 8 の枚数が奇数枚である場合は、天井ボード 8 の表面 8 a が施工ロボット 1 0 0 側を向いた状態となり、偶数枚である場合は、天井ボード 8 の裏面 8 b が施工ロボット 1 0 0 側を向いた状態となることから、天井ボード 8 の枚数が偶数枚であると判定された場合のみ、反転機構 6 8 を作動させることによって、天井ボード 8 の表面 8 a が常に施工ロボット 1 0 0 側を向くようにしておくことが可能である。

【 0 0 6 4 】

なお、複数の天井ボード 8 が、予め表面 8 a と裏面 8 b とが重ね合わせられた状態となっている場合、つまり、常に天井ボード 8 の表面 8 a が施工ロボット 1 0 0 側を向くようにローラコンベヤ 6 4 上に複数の天井ボード 8 を積載しておくことが可能な場合には、反転機構 6 8 を設けなくともよい。

【 0 0 6 5 】

運搬ロボット 1 1 0 の制御部 9 0 は、情報取得器 1 5 及び移動量センサ 6 5 c 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 、送出機構 6 5 、第 1 倒れ防止機構 6 6 、第 2 倒れ防止機構 6 7 及び反転機構 6 8 の作動を制御する。また、制御部 9 0 には、施工ロボット 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、施工ロボット 1 0 0 の制御部 5 0 と同じであるため、その説明を省略する。

【 0 0 6 6 】

続いて、図 1 ～ 3 、図 7 及び図 8 を主に参照し、上記構成の施工ロボット 1 0 0 によって、枠体 6 に天井ボード 8 を載置する方法について説明する。図 7 は、施工ロボット 1 0 0 が行う作業の手順を示したフロー図であり、図 8 A ～ 図 8 D は、施工ロボット 1 0 0 が行う天井ボード 8 の設置作業を説明するための概略図であり、枠体 6 に天井ボード 8 が載置される様子を時系列に沿って順に示している。

【 0 0 6 7 】

まず、ステップ S 1 1 では、施工ロボット 1 0 0 の制御部 5 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 5 0 の通信部 5 0 a を介してサーバ 1 2 0 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、枠体 6 の位置や天井ボード 8 を取り付ける順序などが含まれる。

【 0 0 6 8 】

次に、ステップ S 1 2 では、制御部 5 0 は、台車部 1 0 の情報取得器 1 5 によって、施工ロボット 1 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 1 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 5 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 6 9 】

続くステップ S 1 3 では、制御部 5 0 は、最初に天井ボード 8 が取り付けられる枠体 6 の座標をステップ S 1 1 で読み込まれたデータから抽出し、台車部 1 0 を制御することによって施工ロボット 1 0 0 を抽出された枠体 6 の座標に向けて移動させる。なお、最初に天井ボード 8 が取り付けられる枠体 6 は、施工ロボット 1 0 0 が置かれた場所から最も近くの枠体 6 であってもよい。

【 0 0 7 0 】

施工ロボット 1 0 0 の移動が完了すると、制御部 5 0 は、第 2 距離センサ 5 2 によって、作業対象となる枠体 6 の認識を行う (ステップ S 1 4)。具体的には、作業対象となる枠体 6 までの距離を第 2 距離センサ 5 2 によって測定し、枠体 6 の開口部を形成する 4 つの辺の形状を検出する。

【 0 0 7 1 】

ここで、枠体 6 の開口部を形成する 4 つの辺のうち何れかの辺が検出できない場合、枠体 6 と施工ロボット 1 0 0 との間に何らかの障害物があり、枠体 6 の開口部が障害物によって覆われている可能性がある。このため、枠体 6 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 2 2 に進み、枠体 6 が正常に認識された場合には、さらに詳細な情報を取得するためにステップ S 1 5 に進む。

【 0 0 7 2 】

ステップ S 1 5 では、制御部 5 0 は、台車部 1 0 を制御することによって施工ロボット 1 0 0 をステップ S 1 4 で認識された枠体 6 の直下へと移動させる。具体的には、制御部 5 0 は、ステップ S 1 4 で認識された枠体 6 の 4 つの辺の位置に基づいて枠体 6 の中心座標を算出し、算出された中心座標の直下にアーム部 3 0 の基部 3 2 a が位置するように施工ロボット 1 0 0 を移動させる。

【 0 0 7 3 】

施工ロボット 1 0 0 の移動が完了すると、続くステップ S 1 6 において枠体 6 の形状に関する枠体状態が取得される。

【 0 0 7 4 】

具体的には、アーム部 3 0 の先端側のリンク部である第 5 リンク部 3 2 f に取り付けられた第 1 距離センサ 5 1 によって、枠体 6 の開口部を形成する 4 つの辺とアーム部 3 0 との相対位置関係が計測される。これにより、制御部 5 0 は、アーム部 3 0 と枠体 6 との位置関係を三次元的に把握することができる。

【 0 0 7 5 】

第 1 距離センサ 5 1 による計測は、アーム部 3 0 が上方に向かって延び、第 1 距離センサ 5 1 の検出面 5 1 a が鉛直方向上方に向けられた状態で行われる。なお、枠体 6 が比較的高い位置にある場合は、第 1 距離センサ 5 1 を枠体 6 に近付けるために、昇降部 2 1 を予め設定された長さに伸長させておいてもよい。

【 0 0 7 6 】

ステップ S 1 6 で行われる枠体 6 の状態の取得は、第 1 距離センサ 5 1 による計測に代

えて、または、これに加えて、第2距離センサ52による計測によって行われてもよい。二つの距離センサ51、52により計測を行うことによって、アーム部30と枠体6との位置関係をより精度よく把握することができる。特に、第1距離センサ51及び第2距離センサ52は、施工ロボット100に直接取り付けられているため、枠体6や床面2が水平面に対して傾斜している場合であっても、施工ロボット100に対する枠体6の相対的な位置関係を精度よく検知することができる。

【0077】

続くステップS17では、天井スラブ1と枠体6との間の空間の空間状態が取得される。

【0078】

具体的には、図2に示すように、昇降部21を予め設定された長さに伸長させた状態において、設置プレート26に取り付けられた第2距離センサ52によって、枠体6から天井スラブ1までの距離を計測するとともに、枠体6と天井スラブ1との間に配置された配管や配線、ブレース、吊りボルト4までの距離が計測される。

【0079】

また、第2距離センサ52の死角となる部分については、図2に示すように、第1距離センサ51によって、例えば、第1距離センサ51の検出面51aを斜め上方に向けられた状態で計測される。第1距離センサ51による計測は、例えば、アーム部30の第1回転部31aを回転させることにより、略360度にわたって行われる。なお、枠体6と天井スラブ1との間の状態をより確実に検知するためには、天井スラブ1に向かって枠体6を超えた位置まで第1距離センサ51を移動させた後、第1距離センサ51の検出面51aを略水平方向に向けた状態で計測を行うことが好ましい。

【0080】

これにより、制御部50は、天井ボード8を枠体6に載置する際に天井ボード8及びアーム部30が通る軌道と、枠体6と天井スラブ1との間にある配管等との相対位置関係を三次元的に把握することができる。特に、第1距離センサ51及び第2距離センサ52は、施工ロボット100に直接取り付けられているため、床面2が水平面に対して傾斜している場合であっても、施工ロボット100に対する配管等の相対的な位置関係を精度よく検知することができる。なお、ステップS16で行われる枠体6の状態の取得と、ステップS17で行われる空間状態の取得とは、同時に行われてもよい。

【0081】

このように枠体6の状態及び空間状態が取得されると、ステップS18に進み、制御部50は、天井ボード8を枠体6に載置する作業の可否を判定する。

【0082】

天井ボード8を枠体6に載置するには、枠体6の開口部を通じて天井ボード8を枠体6の上方に一旦、位置させる必要がある。このように天井ボード8を枠体6の上方に位置させる過程で天井ボード8及びアーム部30が通る軌道上に配管等がある場合、枠体6の開口部を通じて天井ボード8を枠体6に載置することは不可能である。

【0083】

天井ボード8を枠体6の上方に位置させる際には、枠体6の開口部の対角線を通して斜め上方に向かって天井ボード8が挿入されるが、例えば、枠体6の開口部から見て四隅の何れにも配管やブレースがある場合には、天井ボード8の挿入方向をどのように変えたとしても、天井ボード8はこれらに当たってしまうことから、天井ボード8を枠体6に載置することは不可能である。

【0084】

また、天井ボード8を枠体6の上方に位置させるには、天井ボード8を鉛直方向に沿った状態として、枠体6の開口部の対角線を上方に向けて真っすぐ挿入してもよいが、枠体6から天井スラブ1下面までの距離が天井ボード8の長さよりも長くなければ、天井ボード8は天井スラブ1に当たってしまうことから、天井ボード8を真っすぐ挿入することによって枠体6に載置することは不可能である。

【0085】

このため、ステップS18において、制御部50は、取得された空間状態に基づいて、天井ボード8を枠体6に載置することが可能か否か、すなわち、配管等を避けて天井ボード8を枠体6に載置することが可能な軌道があるか否かを判定する。

【0086】

具体的には、例えば、枠体6の開口部から見て三つの隅に配管等がある場合には、残りの1つの隅を通る軌道によって天井ボード8を載置することが可能と判定し、例えば、枠体6の開口部の直上に配管等があり、天井ボード8を真っすぐ挿入することができない場合には、天井ボード8を鉛直面に対して所定の角度以上傾けた状態で挿入する軌道によって天井ボード8を載置することが可能と判定する。

【0087】

そして、アーム部30の可動範囲も考慮した結果、配管等を避けて天井ボード8を枠体6に載置可能な軌道があると判定された場合には、保持部40により天井ボード8を保持するためにステップS19へと進む。一方、天井ボード8を枠体6に載置可能な軌道がないと判定された場合には、天井ボード8を載置する作業を行うことができないとしてステップS22に進む。

【0088】

ステップS19において、制御部50は、アーム部30の作動を制御することによって、運搬ロボット110に積載された天井ボード8を保持部40に保持させる。

【0089】

これに先立って、制御部50は、運搬ロボット110に対して、天井ボード8の受け渡しを要求する要求信号を、通信部50aを介して発信する。

【0090】

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、天井ボード8を受け渡すために、施工ロボット100の近傍へと移動する。なお、1台の施工ロボット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、複数の施工ロボット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施工ロボット100の近傍へと移動する。

【0091】

運搬ロボット110の接近が検知されると、制御部50は、まず、図3に示すように、アーム部30の第5リンク部32fに取り付けられた第1距離センサ51によって、運搬ロボット110に積載された天井ボード8の状態を認識させる。なお、ステップS19に進んだ時点で、昇降部21は、運搬ロボット110に積載された天井ボード8の高さに応じて予め収縮される。

【0092】

天井ボード8の状態、すなわち、天井ボード8の4つの辺の位置が認識されると、4つの辺の位置に基づいて天井ボード8の中心C1が認識される。そして、制御部50は、認識された天井ボード8の中心C1の延長線上に保持部40の中心C2が位置するように、アーム部30の各回動部31a～31fの回動量を制御する（図4A参照）。

【0093】

図4Aに示される状態から保持部40をさらに天井ボード8に向けて移動させることにより、保持部40のニードル42が天井ボード8の表面8aに突き刺さる（図4B参照）。これにより天井ボード8は、保持部40により保持された状態となる。

【0094】

このように保持部40により天井ボード8が保持された状態となったことは、第1距離センサ51によって検知される。第1距離センサ51による検知結果は、保持完了信号として、施工ロボット100の制御部50から運搬ロボット110の制御部90へと送信される。

【0095】

保持完了信号を受け取った運搬ロボット110の制御部90は、第1倒れ防止機構66の押付部66bを収縮し、押付部66bとローラコンベヤ64とによる天井ボード8の挟持を解除するとともに、施工ロボット100の制御部50へ挟持解除信号を送信する。

【0096】

挟持解除信号を受け取った施工ロボット100の制御部50は、アーム部30の各回動部31a～31fの回動量を制御し、保持部40により保持された天井ボード8を枠体6に向けて移動させる。

【0097】

なお、図6に示すように、運搬ロボット110に積載された天井ボード8が、施工ロボット100側に向けて、2枚並んでいる場合は、施工ロボット100から見て右側の天井ボード8、すなわち、運搬ロボット110の反転機構68によって保持された天井ボード8が、保持部40により保持される天井ボード8として選択される。

【0098】

このようにして運搬ロボット110から施工ロボット100への天井ボード8の引き渡しが完了すると、ステップS20に進み、枠体6への天井ボード8の載置作業が実行される。

【0099】

具体的には、図8Aから図8Dに示すように、制御部50は、アーム部30の各回動部31a～31fの回動量を適宜制御し、天井ボード8が枠体6や配管に当たらないように保持部40の位置を三次元的に変化させることによって、最終的に天井ボード8を枠体6に載置する。

【0100】

図8Aには、格子状に結合されたバー部材6a、6bにより囲まれた枠体6の開口部6cの対角線を通して斜め上方に向かって天井ボード8が挿入されている状態が示されている。具体的には、天井ボード8は、鉛直面に対して略45度傾けられた状態で開口部6cの対角線を通して斜め上方へと挿入される。なお、天井ボード8の傾斜角度は、開口部6cの直上の障害物までの距離や枠体6から天井スラブ1下面までの距離に応じて適宜設定される。

【0101】

図8Aに示される状態となった後、天井ボード8全体が枠体6の上方に位置した状態になると、図8Bに示すように、天井ボード8の中心が枠体6の開口部6cの中心と略一致するように、各回動部31a～31fの回動量が制御される。

【0102】

そして、図8Bに示される状態から第1回動部31a、第4回動部31dまたは第6回動部31fを回動させることによって、図8Cに示されるように、開口部6cの4つの辺の向きと天井ボード8の4つの辺の向きとを略一致させる。

【0103】

図8Cに示される状態から第2回動部31b、第3回動部31c及び第5回動部31eを少しずつ回動させることによって、天井ボード8及び保持部40を鉛直方向下方へと移動させる（図1参照）。

【0104】

このように天井ボード8を鉛直方向下方へと移動させると、天井ボード8は、枠体6の開口部6cに対して上方から落とし込まれることによって、図8Dに示すように、4つの辺がバー部材6a、6bによってそれぞれ鉛直方向下方から支持された状態となる。

【0105】

そして、この状態から保持部40をさらに鉛直方向下方へと移動させていくと、天井ボード8の表面8aに突き刺さっていたニードル42が天井ボード8から徐々に抜ける。天井ボード8からニードル42が完全に抜けることによって、枠体6への天井ボード8の載置が完了する。

【0106】

なお、図 8 A～図 8 D に示される一連のアーム部 3 0 の動きは、一例であって、これに限定されるものではない。例えば、図 8 C に示される状態から、天井ボード 8 全体を鉛直方向下方へと移動させることに代えて、天井ボード 8 の 4 つの辺のうちの何れか 1 つの辺のみを先にバー部材 6 a , 6 b に沿って当接した状態、すなわち、天井ボード 8 が水平面に対して僅かに傾斜した状態とし、その後、バー部材 6 a , 6 b に当接した辺を支点として、天井ボード 8 の残りの 3 つの辺をバー部材 6 a , 6 b に近付けるようにして天井ボード 8 を枠体 6 に落とし込んでもよい。

【 0 1 0 7 】

また、図 8 C に示される状態から天井ボード 8 を鉛直方向下方へと移動させる工程は、第 2 距離センサ 5 2 によって監視されており、開口部 6 c の 4 つの辺の向きと天井ボード 8 の 4 つの辺の向きとにずれが生じている場合には、ずれが無くなるように、第 1 回転部 3 1 a、第 4 回転部 3 1 d または第 6 回転部 3 1 f が適宜回転される。

【 0 1 0 8 】

天井ボード 8 の載置が完了すると、続くステップ S 2 1 において、天井ボード 8 の載置作業の適否の判定、すなわち、天井ボード 8 の載置作業が正常に完了したか否かが確認される。

【 0 1 0 9 】

天井ボード 8 が枠体 6 に正常に載置されている場合、すなわち、天井ボード 8 の 4 つの辺がバー部材 6 a , 6 b にほぼ接した状態となっている場合、施工ロボット 1 0 0 側から見て、枠体 6 の下面までの距離と天井ボード 8 の表面 8 a までの距離との差は、天井ボード 8 を下方から支持する枠体 6 のフランジ部の厚さに略等しく、天井ボード 8 の 4 つの辺近傍において同じ大きさになる。

【 0 1 1 0 】

このため、ステップ S 2 1 では、第 1 距離センサ 5 1 及び第 2 距離センサ 5 2 の何れか一方または両方によって天井ボード 8 の 4 つの辺近傍における枠体 6 の下面までの距離と天井ボード 8 の表面 8 a までの距離とを計測し、計測された距離の差が、何れの辺近傍においても予め設定された閾値より小さくなっているか否かによって、天井ボード 8 の載置作業が正常に完了したか否かを判定している。なお、閾値は、天井ボード 8 を下方から支持する枠体 6 のフランジ部の厚さに基づいて設定される。

【 0 1 1 1 】

天井ボード 8 の 4 つの辺の何れの辺近傍においても距離の差が閾値より小さい場合は、天井ボード 8 の 4 つの辺が枠体 6 にほぼ接した状態になっていると推定されることから、制御部 5 0 は、所定の箇所の枠体 6 に対する天井ボード 8 の載置作業が正常に完了したとして、作業の完了を記憶するとともにステップ S 2 3 に進む。

【 0 1 1 2 】

一方、何れかの辺近傍における距離の差が閾値以上となった場合は、天井ボード 8 と枠体 6 との間に想定を超えた隙間が生じた状態になっていると推定されることから、作業が正常に完了していないとしてステップ S 2 2 に進む。なお、ステップ S 2 2 に進む前に、距離の差が閾値以上となった箇所にアーム部 3 0 を押し当てて天井ボード 8 を僅かに上下動させることによって、天井ボード 8 の載置状態を改善するステップを追加してもよい。

【 0 1 1 3 】

ステップ S 2 2 では、所定の箇所の枠体 6 に対して天井ボード 8 の載置が完了していないとして、制御部 5 0 は、載置作業不可または載置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 2 1 及びステップ S 2 2 で制御部 5 0 に記憶された作業状況に関する情報は、制御部 5 0 の通信部 5 0 a を介してサーバ 1 2 0 へと逐次送信される。

【 0 1 1 4 】

このため、サーバ 1 2 0 を介して施工ロボット 1 0 0 の作業状況を監視するオペレータや現場の作業員は、何れの箇所の枠体 6 に対して天井ボード 8 の載置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、何れの天井ボード 8 の載置作業をやり直す必要があるかや天井ボード 8 の載置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。

【0115】

このようにステップS21及びステップ22において作業状況の記憶が完了すると、ステップS23に進み、制御部50は、予定されている載置作業がすべて完了したか否かを確認する。

【0116】

予定されていた載置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から受信するまで施工ロボット100は待機状態となる。

【0117】

一方、予定されていた載置作業がまだ完了していない場合、ステップS13へと戻り、次に天井ボード8が載置される枠体6の場所へと移動する。それ以降、上述のような工程を経て天井ボード8の載置作業が実行される。

【0118】

以上の実施形態によれば、以下に示す効果を奏する。

【0119】

上記構成の施工ロボット100の制御部50は、第1距離センサ51及び第2距離センサ52の少なくとも一方により枠体6の形状に関する枠体状態を検知し、検知された枠体状態に基づいてアーム部30を作動させることにより、保持部40によって保持された天井ボード8を、枠体6の上方から落とし込むようにして枠体6に載置している。

【0120】

このように、枠体6の形状を確認した後に、天井ボード8を枠体6に対して載置するようにすることによって、枠体6の4つの辺の向きが施工ロボット100に対してどのような向きとなっている場合であっても、天井ボード8を枠体6に対して円滑に、且つ、自動的に載置することができる。また、高所作業である天井ボード8の載置作業を施工ロボット100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。

【0121】

また、上記構成の施工ロボット100の制御部50は、予め検知された天井スラブ1と枠体6との間の空間の空間状態に基づいて、枠体6への天井ボード8の載置の可否を判定している。

【0122】

このように天井スラブ1と枠体6との間の空間に配管等の障害物がある場合には、不用意に天井ボード8を枠体6に載置する作業を実行してしまうことを回避することによって、施工ロボット100による作業の安全性を確保することができる。また、天井スラブ1と枠体6との間の空間に配管等の障害物がある場合であっても、これらを避けることが可能な軌道を演算し、演算された軌道に沿って天井ボード8を移動させることにより、天井ボード8を枠体6に対して円滑に、且つ、自動的に載置することができる。

【0123】

また、上記構成の施工ロボット100の制御部50は、保持部40により天井ボード8を保持させる際、第1距離センサ51によって検出された天井ボード8の形状に関する天井ボード状態に基づいて、保持部40により天井ボード8を保持する位置を設定している。

【0124】

天井ボード8が通る軌道は、天井ボード8が枠体6に当たってしまわないように、天井ボード8の寸法誤差や天井ボード8の保持位置の誤差を考慮して、ある程度の余裕を持って設定されるが、保持部40により天井ボード8が保持される位置を毎回同じ位置とすることが可能となることで、天井ボード8が通る軌道を、あまり余裕がない軌道とすることが可能となる。これにより天井ボード8を載置可能な軌道の範囲が広がるため、天井ボード8の載置作業の効率を向上させることができる。また、天井ボード8の中心C1を保持部40により保持するようにすることで、天井ボード8の取り回しが安定するため、結果

として、天井ボード8を枠体6に載置する作業を安定して行うことができる。

【0125】

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。

【0126】

上記実施形態では、天井スラブ1と枠体6との間の空間の空間状態を、施工ロボット100に設けられた第1距離センサ51及び第2距離センサ52によって検知している。これに代えて、空間状態は、施工ロボット100または施工ロボット100とは別のロボットに設けられた、水平面における距離をスキャン計測可能な二次元測域センサ、いわゆる、2D-LiDAR (light detection and ranging) センサによって予め検知されていてもよい。具体的には、二次元測域センサを、枠体6の下方から枠体6の開口部を通過させて枠体6の上方へと天井スラブ1に向けて移動させることによって、天井スラブ1と枠体6との間の空間の空間状態を枠体6毎に予め取得しておいてもよい。

【0127】

このように各枠体6に対して予め空間状態が検知されていると、載置作業の可否を事前に判定することが可能となるため、載置作業ができない枠体6を作業対象から予め除外しておくことで、施工ロボット100による天井ボード8の載置作業を効率的に行うことが可能となる。なお、載置作業の可否は、施工ロボット100とは別のロボットが判定してもよい。また、空間状態に加えて、枠体6の状態についても、枠体6毎に予め取得しておいてもよい。

【0128】

また、上記実施形態では、施工ロボット100は、特有の台車部10と昇降部21とを備えている。これに代えて、台車部10と昇降部21とからなる部分は、一般的な高所作業車であってもよく、この場合、アーム部30は、高所作業車の作業台に設置される。

【0129】

また、上記実施形態では、アーム部30の基部32aは、第1リンク部32bとの連結方向軸が鉛直方向に沿うように設置プレート26に固定されている。これに代えて、基部32aは、第1リンク部32bとの連結方向軸が鉛直方向に対して傾いた状態で設置プレート26に固定されていてもよい。このように基部32aを傾けておくことにより、運搬ロボット110からの天井ボード8の受け取りが容易となる。

【0130】

また、上記実施形態では、施工ロボット100は、運搬ロボット110から天井ボード8を受け取っている。これに代えて、施工ロボット100は、複数の天井ボード8を一時的に保管可能な保管部を備えていてもよい。この場合、保管部は、例えば、台車部10に設けられ、天井ボード8は、アーム部30に取り付けられた保持部40により保持可能な状態で保管部に保管される。具体的には、施工ロボット100は、図9～図12に示される変形例のような、複数の天井ボード8を保管することが可能な保管部130を備えていてもよい。図9は、保管部130を備えた施工ロボット100の側面図であり、図10は、図9のC-C線に沿う断面を拡大して示した拡大断面図であり、図11は、保管部130を備えた施工ロボット100の動作を説明するための図であり、図12は、図9のD-D線に沿う断面を拡大して示した拡大断面図である。

【0131】

保管部130は、複数の天井ボード8が鉛直方向に積み重ねられた状態で積載される積載機構70と、枠体6に載置される前に天井ボード8が一時的に仮置きされる仮置き部74と、を有する。仮置き部74には、上述の施工ユニット20によって積載機構70から移送された1枚の天井ボード8が仮置きされる。

【0132】

積載機構70は、天井ボード8が積載される積載部71と、台車部10の上面に立設し、積載部71を鉛直方向に移動可能に支持する複数の支柱72と、支柱72に沿って積載

部 7 1 を鉛直方向に移動させる図示しない電動アクチュエータと、を有する。

【 0 1 3 3 】

積載部 7 1 は、最も上方に積載される天井ボード 8 の高さが常に同じ高さとなるように電動アクチュエータによって、その高さが調整される。つまり、積載される天井ボード 8 が減少するにつれて、積載部 7 1 は、徐々に上方へと移動する。なお、作業員が積載部 7 1 に天井ボード 8 を補充する際には、積載部 7 1 は最も低い位置へと下げられ、補充が完了すると、積載部 7 1 は、最も上方に積載される天井ボード 8 の高さが所定の高さとなるまで上昇する。最も上方に積載される天井ボード 8 の高さが所定の高さとなっているか否かは、例えば、何れかの支柱 7 2 に取り付けられた近接センサ等によって検知される。

【 0 1 3 4 】

仮置き部 7 4 は、図 9 及び図 1 0 に示されるように、次に枠体 6 に載置される予定の天井ボード 8 を、表面 8 a が鉛直面にほぼ沿った状態であって、角部の 1 つが鉛直方向下方を向いた状態で、一時的に置いておくために設けられた載置台であり、天井ボード 8 の側面 8 c を支持する第 1 支持部材 7 6 と、天井ボード 8 の裏面 8 b を支持する第 2 支持部材 7 7 と、台車部 1 0 の上面に立設し、第 1 支持部材 7 6 及び第 2 支持部材 7 7 が直接的または間接的に取り付けられる支柱 7 9 と、を有する。

【 0 1 3 5 】

第 1 支持部材 7 6 は、図 1 0 に示すように、天井ボード 8 の側面 8 c が載置される載置面 7 6 b を有する載置部 7 6 a と、天井ボード 8 の表面 8 a に対向する対向部 7 6 c と、を有する断面形状が略 L 字状の部材であり、1 枚の天井ボード 8 の 2 つの側面 8 c を支持するように、天井ボード 8 の中心部分を挟んで対称的に一対配置されている。具体的には、一対の第 1 支持部材 7 6 は、図 9 に示すように、天井ボード 8 の側面 8 c が載置される載置部 7 6 a の載置面 7 6 b が互いに直交した状態となるようにそれぞれ配置されている。

【 0 1 3 6 】

対向部 7 6 c は、上方に向かうにつれて天井ボード 8 の表面 8 a との間隔が徐々に大きくなるようにテーパ状に形成されており、後述のように天井ボード 8 を仮置き部 7 4 に仮置きする際に天井ボード 8 の側面 8 c を案内するガイド部として機能する。

【 0 1 3 7 】

第 2 支持部材 7 7 は、天井ボード 8 の裏面 8 b が載置される載置面 7 7 a を有する平板状の部材であり、第 1 支持部材 7 6 と同様に、天井ボード 8 の中心を挟んで対称的に一対配置されている。具体的には、第 2 支持部材 7 7 は、図 1 0 に示すように、載置面 7 7 a が、第 1 支持部材 7 6 の載置部 7 6 a の載置面 7 6 b と直交した状態となるように配置されている。

【 0 1 3 8 】

また、第 2 支持部材 7 7 の載置面 7 7 a は、図 1 0 に示されるように、鉛直面 V P に対して、所定の第 1 角度 θ （例えば、 5° ～ 10° 、好ましくは 6° 前後）だけ傾いた状態となっている。このため、仮置き部 7 4 に仮置きされた天井ボード 8 は、2 つの側面 8 c が一対の第 1 支持部材 7 6 の載置部 7 6 a の載置面 7 6 b にそれぞれ接するとともに、裏面 8 b が一対の第 2 支持部材 7 7 の載置面 7 7 a に接することになる。なお、第 1 角度 θ の大きさは、上記範囲に限定されず、載置面 7 7 a が鉛直面 V P に対して傾くことで天井ボード 8 が自重により載置面 7 6 b 及び載置面 7 7 a にそれぞれ接した状態となればどのような大きさであってもよく、例えば、 10° より大きくてもよい。

【 0 1 3 9 】

ここで、上述のように、天井ボード 8 は、一般的に、表面 8 a を保護するために、表面 8 a が重ね合わせられた 2 枚の天井ボード 8 を一組とし、複数組が重ねられた状態で市場に流通する。

【 0 1 4 0 】

つまり、積載機構 7 0 の積載部 7 1 に鉛直方向に積み重ねられた天井ボード 8 をそのまま施工ユニット 2 0 の保持部 4 0 によって保持して枠体 6 に載置すると、1 枚置きに裏面

8 b 側が枠体 6 に載置されることになってしまう。

【0141】

そこで、この変形例では、積載機構 7 0 に積載された天井ボード 8 を、施工ユニット 2 0 によって、一旦、仮置き部 7 4 に仮置きし、仮置きされた天井ボード 8 の表面 8 a を施工ユニット 2 0 の保持部 4 0 によって保持するようにしている。

【0142】

次に、積載機構 7 0 の積載部 7 1 に積載された天井ボード 8 を仮置き部 7 4 へ仮置きする工程について説明する。

【0143】

制御部 5 0 は、アーム部 3 0 の作動を制御することによって、積載部 7 1 の最も上方に積載された天井ボード 8 の上面を保持部 4 0 により保持させる。なお、天井ボード 8 は、この後、仮置き部 7 4 に一旦、仮置きされることから、この時点において、保持部 4 0 の中心 C 2 を天井ボード 8 の中心 C 1 に合わせる必要がない。このため、例えば、天井ボード 8 の中心 C 1 位置を認識する必要がないことから、積載部 7 1 に積載された天井ボード 8 を保持部 4 0 によって保持することに要する時間を短くすることができる。

【0144】

保持部 4 0 により天井ボード 8 が保持されたことが確認されると、制御部 5 0 は、天井ボード 8 の角部の 1 つが鉛直方向下方を向いた状態となるようにアーム部 3 0 を制御した後、仮置き部 7 4 の対向部 7 6 c と第 2 支持部材 7 7 との間に天井ボード 8 が差し込まれるようにアーム部 3 0 を制御する。天井ボード 8 は、対向部 7 6 c と第 2 支持部材 7 7 との間に差し込まれる際、対向部 7 6 c にテーパ状に形成された部分や第 2 支持部材 7 7 にテーパ状に形成された部分によって案内される。

【0145】

仮置き部 7 4 への天井ボード 8 の仮置きは、保持部 4 0 により保持された天井ボード 8 の面が表面 8 a である場合、図 9 に示すように、保持部 4 0 を、天井ボード 8 を挟んで第 2 支持部材 7 7 とは反対側に位置させた状態で行われる。一方、保持部 4 0 により保持された天井ボード 8 の面が裏面 8 b である場合には、図 1 1 に示すように、保持部 4 0 を、第 2 支持部材 7 7 側に位置させた状態で行われる。なお、天井ボード 8 は、上述のように、表面 8 a が重ね合わせられた 2 枚の天井ボード 8 が一組とされていることから、保持部 4 0 によって表面 8 a 側と裏面 8 b 側とが交互に保持されることになる。

【0146】

このように仮置き部 7 4 に仮置きされた天井ボード 8 は、その裏面 8 b 側が第 2 支持部材 7 7 側に常に位置し、傾斜した載置面 7 7 a に裏面 8 b が接することになる。

【0147】

ここで、仮置き部 7 4 において、保持部 4 0 による天井ボード 8 の保持の解除は、例えば、天井ボード 8 からニードル 4 2 を引き抜く方向に保持部 4 0 を動かすことによって行われるが、このとき、天井ボード 8 は、第 1 支持部材 7 6 や第 2 支持部材 7 7 によって押さえられることになる。このため、第 1 支持部材 7 6 や第 2 支持部材 7 7 が押し当てられた跡が天井ボード 8 に残ってしまうおそれがある。

【0148】

このような事象を避けるとともに、保持部 4 0 による天井ボード 8 の保持が円滑に解除されるようにするために、保持部 4 0 には、図 1 2 に示されるような、保持解除機構 4 6 が設けられることが好ましい。

【0149】

保持解除機構 4 6 は、図 1 2 に示すように、保持部 4 0 の本体部 4 1 の中心部に設けられた電動アクチュエータ 4 8 と、電動アクチュエータ 4 8 により保持部 4 0 の中心 C 2 に沿って進退する押圧部 4 7 と、を有する。

【0150】

保持部 4 0 によって天井ボード 8 を保持する際、押圧部 4 7 は、図 1 2 (a) に示されるように、本体部 4 1 内に収容された状態となる一方、保持部 4 0 による天井ボード 8 の

保持を解除する際には、図 1 2 (b) に示されるように、本体部 4 1 から突出することにより、保持部 4 0 から天井ボード 8 を引き離すように天井ボード 8 を押圧する。なお、図 1 2 には、保持部 4 0 によって天井ボード 8 の表面 8 a 側を保持した状態が示されているが、天井ボード 8 の裏面 8 b 側が保持部 4 0 により保持される場合も同様である。

【 0 1 5 1 】

押圧部 4 7 による天井ボード 8 の押圧は、瞬間的に行われるものではなく、例えば、数秒程度かけて徐々に行われる。このため、電動アクチュエータ 4 8 としては、オンオフ形式の電磁ソレノイドではなく、例えば、ボールねじと回転モータとを組み合わせた電動シリンダといった伸縮量を微調整可能な形式のアクチュエータを用いることが好ましい。また、アクチュエータの駆動方式は、電動式に限定されず、空気圧式や油圧式であってもよい。

【 0 1 5 2 】

また、天井ボード 8 を保持する保持部 4 0 の保持力を向上させるために、図 1 2 に示されるように、ニードル 4 2 は、周方向だけではなく、径方向にも複数配置されてもよい。このようにニードル 4 2 を周方向及び径方向に複数配置しておくことにより、積載部 7 1 に積載された天井ボード 8 を保持部 4 0 によって容易に持ち上げることが可能となる。なお、保持部 4 0 においてニードル 4 2 はどのように配列されていてもよく、例えば、円環状や楕円状に配置されていてもよいし、矩形状に配置されていてもよい。

【 0 1 5 3 】

保持部 4 0 による保持が解除され仮置き部 7 4 に仮置きされた天井ボード 8 は、その自重によって、裏面 8 b が第 2 支持部材 7 7 の載置面 7 7 a に接し、2 つの側面 8 c が載置部 7 6 a の載置面 7 6 b にそれぞれ接した状態で安定する。つまり、天井ボード 8 は、仮置き部 7 4 に仮置きされることによって、表面 8 a 側が常に同じ方向を向くとともに、中心 C 1 の位置が常に同じ位置となる。

【 0 1 5 4 】

上述のように、天井ボード 8 が仮置きされる仮置き部 7 4 は、アーム部 3 0 を含む施工ユニット 2 0 と同様に、台車部 1 0 に設けられていることから、アーム部 3 0 の座標系と仮置き部 7 4 の座標系とは同じ座標系となる。つまり、アーム部 3 0 の座標系において、天井ボード 8 の表面 8 a の中心 C 1 の位置座標は常に同じ位置座標となる。

【 0 1 5 5 】

したがって、枠体 6 に天井ボード 8 を載置するために仮置き部 7 4 に仮置きされた天井ボード 8 を保持部 4 0 によって保持する際には、保持部 4 0 を所定の位置座標へと移動させるだけで、保持部 4 0 の中心 C 2 と天井ボード 8 の中心 C 1 とを一致させることができる。

【 0 1 5 6 】

このように、仮置き部 7 4 に仮置きされた天井ボード 8 を保持部 4 0 によって保持するにあたって、天井ボード 8 の中心 C 1 を検知するための工程、例えば、天井ボード 8 の 4 つの辺の位置を認識するといった工程が不要になることから、天井ボード 8 を枠体 6 に載置する作業の作業時間を短縮することが可能となる。

【 0 1 5 7 】

また、仮置き部 7 4 に仮置きされた天井ボード 8 は、裏面 8 b 側から支持部材 7 7 によって支えられた状態となっていることから、天井ボード 8 の表面 8 a 側から保持部 4 0 を近づけることによって、保持部 4 0 のニードル 4 2 は、天井ボード 8 の表面 8 a へと容易に突き刺さることになる。このため、天井ボード 8 を保持部 4 0 によって容易に保持することができる。

【 0 1 5 8 】

そして、図 9 に示すように、天井ボード 8 の表面 8 a 側が保持部 4 0 によって保持されたことが確認されると、制御部 5 0 は、上記実施形態と同様にして、アーム部 3 0 の各回転部 3 1 a ~ 3 1 f の回転量を適宜制御し、天井ボード 8 を枠体 6 に載置する。

【 0 1 5 9 】

このようにこの変形例では、天井ボード８の保管と、枠体６への天井ボード８の載置と、が１台の施工ロボット１００で行われるため、天井ボード８の載置作業をより効率的に行うことができる。

【０１６０】

また、上述の運搬ロボット１１０のように、ローラコンベヤ６４上に複数の天井ボード８が水平方向に重ね合わされた状態で積載されている場合、ローラコンベヤ６４に接する天井ボード８の側面８ｃが欠損してしまうおそれがあるのに対して、この変形例では、積載機構７０に複数の天井ボード８が鉛直方向に積み重ねられた状態で積載されているため、このような欠損が生じることを避けることができる。また、この変形例では、納入された複数の天井ボード８を荷姿のままで積載機構７０に載せ、梱包を解くことにより、施工ロボット１００への天井ボード８の補充が完了することから、補充作業における作業員の負担を軽減することができる。

【０１６１】

また、上記実施形態や上記変形例では、施工ロボット１００及び運搬ロボット１１０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、電動式に限定されず、空気圧式や油圧式であってもよい。

【０１６２】

また、上記実施形態では、施工ロボット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。施工ロボット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。

【０１６３】

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枠体に天井ボードを載置する天井ボード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、
前記昇降部から前記枠体に向かって伸びるアーム部と、
前記アーム部の先端側に設けられ前記天井ボードを保持可能な保持部と、
前記枠体の形状に関する枠体状態を検知可能な状態検知部と、
前記アーム部の作動を制御する制御部と、を備え、
前記制御部は、前記保持部によって保持された前記天井ボードが前記枠体の上方から落とし込まれることにより前記枠体に載置されるように、前記状態検知部によって検知された前記枠体状態に基づいて、前記アーム部を作動させる、
天井ボード施工ロボット。

請求項 2

前記制御部は、予め検知された前記天井スラブと前記枠体との間の空間の空間状態に基づいて、前記枠体への前記天井ボードの載置の可否を判定する、
請求項 1 に記載の天井ボード施工ロボット。

請求項 3

前記制御部は、
前記保持部により前記天井ボードを保持させる際、前記状態検知部によって前記天井ボードの形状に関する天井ボード状態を検知し、
前記天井ボード状態に基づいて、前記保持部により前記天井ボードを保持する位置を設定する、
請求項 1 または 2 に記載の天井ボード施工ロボット。

請求項 4

前記保持部は、前記天井ボードに突き刺さる突起を有する、
請求項 1 または 2 に記載の天井ボード施工ロボット。