

14. 天井ボード貼りロボットの開発

清水建設(株)：*阿部 愛和・前田純一郎
近藤 弘司・稲田 勝博

1. はじめに

1982年に世界で初の建設ロボットSSR-1(耐火被覆吹付ロボット)が開発されて以来現在までに30数機種の建設ロボットや自動化システムが提案されてきている。しかし、これらの建設ロボットのほとんどは、1)外壁塗装材や耐火被覆材の吹付けを行なう吹付ロボット、2)床左官仕上、床ケレン等を行なう表面処理ロボット、3)タイル剝離等の検知を行なう検査ロボット、4)鉄骨建方時に安全性や全体の稼働率を上げるための組立補助ロボット、5)コンクリート等の建設資材を運搬する搬送ロボット、のいずれかに分類され、これらの建設ロボットにおいては、建設資材や部品などを移動させ位置決めし組み立てるという一連のシステムの機能を持ったものはほとんどみあたらない。本報告では建築内装工事のなかでも物量・繰り返し数ともに多い天井ボード貼り作業をテーマに従来の建設ロボットにはなかった固形部材のハンドリングという技術課題に取り組んだ開発事例を紹介する。

2. 現状の天井ボード貼り工事

天井内装工事で使用される標準的な下地用石膏ボードの寸法は長さ1820mm、幅910mm、厚さ9mmでその重量は約15Kgあり、作業効率向上のために人間が取り扱える限度近くまで大きくなっている。このため作業には大きな肉体的負担がかかり肩や腰を痛めることになりかねない。写真1は従来の天井ボード貼付け状況であるが一人作業となることも多く、数本のビス打ちによってボードを仮止めする際には作業員は片手と頭でボードを支えもう片方の手でビスを打つという作業姿勢になるため相当な重労働となる。また、連続作業には限界があり長時間作業を続けると疲労が蓄積し作業能率も低下する。さらにボード取付けの作業前には作業用仮設足場を部屋全面に設ける必要があり、時間的にも労務工数的にも大きな負担となっている。我々が行なった在来作業の時間測定によると下地石膏ボード貼りのための足場の組立・解体に要する時間割合は30~35%にも達している。



写真1 従来の作業状況

3. ロボットの作業対象範囲

開発の第一ステップとしてロボットの対象とする作業工程は、鋼製下地（軽量鉄骨）が施工された後の下地石膏ボード貼りとした。前工程である軽量鉄骨はすでに施工されているものとし、作業に使用するボードは現場内の仮設リフト等により揚重され各フロアの所定の場所に仮置きされているものとする。また、自動サイクルによる作業は、照明器具や空調設備の取付けのための切欠きのない標準ボードの貼付けを前提とした。ただし、切欠きのある役物部分については施工サイクルの一部を手動にするかあるいは標準ボードを取付けた後で切欠くことで対応できるものとする。

4. 天井ボード貼りロボットCFR-1の構成

ロボットの概要構成図と主要仕様を、それぞれ図1、表1に示す。天井ボード貼りロボットの基本的構成は、①ボードホルダ・昇降スライダアーム・XYテーブルをもつロボット本体、②駆動機構・操舵機構をもつ走行装置、③ボードを20枚搭載できるボードキャリアと④これらをコントロールする制御装置からなる。

ロボット本体とボードを搭載するキャリアは必要に応じて分離・結合できるようになっており、ボード補給時はキャリアを利用してフロア内の小運搬を行なう。ボードホルダの取付け部にはフローティング機構と称している弾力的なボードの位置決め調整機構が設けてありボードを損傷させることなく位置決めが可能である。また走行機構はリンクで結合された左右の走行輪が前後2組、その操舵機構、および走行駆動機構より成り立っている。操舵機構はいわゆる四輪操舵機構で操舵モードを選択することによって方向を変えずに移動したり旋回半径を小さくしたり自動車方式で運転することができる。

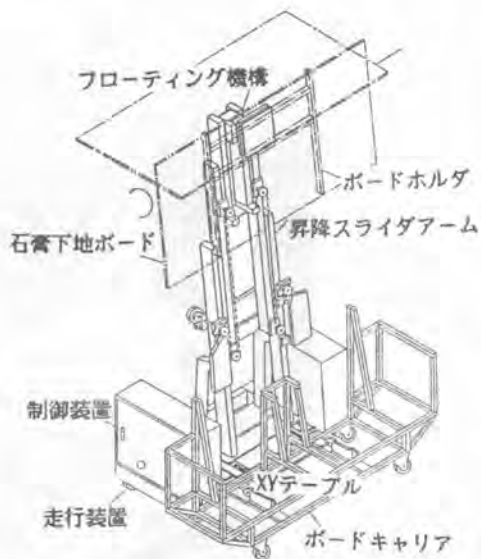


図1 CFR-1概要図

表1 CFR-1仕様表

外 観 寸 法	本 体	L 1600 × W 700 × H 1830
	走行機構	WB 1100 × TD 600
	キャリア	L 1900 × W 500 × H 1130
	作業足場	L 2000 × W 950 × H 785
重 量	本体自重	510 Kg(※-トキャリア共)
	積載重量	300 Kg(※-ト20枚)
性 能	施工高さ	最 低：2500 最 高：3100
	作業時間	取付け：約 40秒 復 帰：約 30秒
	走行速度	低 速：3 m/min 高 速：30 m/min
駆 動 源	AC 100 V(商用電源)	
作業能率	20 ~ 25 枚/時間	

5. CFR-1による施工手順

CFR-1を導入して行なう下地石膏ボード貼り作業の施工手順は概略以下ようになる。

- ① ボードを資材の仮置場からキャリアに積んで運搬する。(手作業)
- ② ロボット本体にキャリアを結合する。(手作業)
- ③ ロボットを初期位置まで移動させる。(マニュアル操作)
- ④ 作業足場の上に載った作業員によってスタート指令が与えられ、ロボットはホルダー部でキャリアよりボードを一枚取り出す。
- ⑤ ボードをほぼ垂直に把持したまま持ち上げる。
- ⑥ 所定の位置まで持ち上げたボードを天井面と水平になるように約90° 旋回させる。
- ⑦ ボードを天井面(軽鉄下地)まで上昇させて停止し高さ方向の位置を決める。
- ⑧ XYテーブルを作動させ天井面で平面的な位置決めを行なう。
- ⑨ 位置決め終了の合図を出し⑧の状態を保持する。
- ⑩ 足場上に載った作業員が数本のビスを打ちボードを仮止めする。(手作業)
- ⑪ 初期位置復帰指令により各駆動装置が原点へ復帰すると同時に1パス走行指令も起動しロボットは低速で走行を開始する。
- ⑫ ロボットの走行と平行して作業員がビス打ちを行なう。(手作業)
- ⑬ ビス打ち作業が終了した時点で1パス走行指令を与えると、装置が次のボード取付け位置まで走行する。

以後④より同じサイクルを繰り返すというのが一般的作業手順である。ロボットと作業者の協調作業ということになるが、これは第一段階として完全無人化ロボットシステムを考えるのは非現実的であることやビス打ち作業は作業者にとってさほど負担は大きくないと考えられること、また熟練作業員と同等以上の速さでビスを自動的に供給する工具が現状では得られないこと、さらに工具先端を軽量鉄骨下地の変化に合わせて自動的に位置決めする機構を設けることはいたずらに装置の重装備化をまねくという考えに基づいている。

6. 現場施工

CFR-1を使用した建築現場での施工状況を写真2に示す。CFR-1は、まだ開発段階であり必ずしも十分な現場施工データは得られていないが、現在確認できている事項について以下に記す。

- ① 本体とキャリアの分離の他に、本体も昇降スライダーム、作業足場、走行機構ボードホルダなどへ分割が可能であるため分割したモジュールをリフトに搭載して搬入するのに要する時間は二人で約30分程度で済み、組立も約30分で可能である。



写真2 CFR-1による施工状況

- ② 従来1枚のボード貼りに3～4分を要していたのが、平均2分30秒程度で済み作業効率が向上する。
- ③ 約15kgのボードを長時間繰り返して頭上に支える作業がなくなり、作業者の労働負荷が大幅に低減できる。
- ④ 全面作業足場が不要となるため足場の組立解体に要する手間と時間が削減できる。
- ⑤ フローティング機構によりボードに無理な力を加えたり傷つけたりすることもなく、所定の位置に正確に位置決めできる。熟練工と変らぬ仕上りで施工できる。
- ⑥ 段取替作業として施工地点間の移動、ボードの補充作業がありいずれも作業員一人で10分以内で可能である。また上下階の盛替は作業員二人で1時間程度で可能である。
- ⑦ 現場導入時に最も問題となるのはロボットの走行のためのスペース確保である。現場内の床上にはこれから貼るべきボードや仮設材、他職種の材料・道具などがあり、脚立作業のようにそれらを乗り越えて足場を組むということができない。また床面からの電気設備の配管の立ち上りもロボット導入の際に障害となることがある。

7. 今後の課題

現場への普及をより促進させるために次のような改善・改良を進めている。

- ① 装置を現在より小型・軽量化して本設のエレベータにも乗せられるようにし、現場への搬出入・上下階の移設をより容易にする。
- ② 作業サイクルの手順を変え、仮止め終了後の本締め作業とロボットの走行を平行作業とし、サイクルタイムの向上を図る。
- ③ ボードホルダ部、キャリアなどの改造により化粧石膏ボードの仕上貼りにも使えるようにし装置の稼働率を向上させる。
- ④ ロボットのハンドリング装置や材料供給機構をモジュール化することで壁のボード貼りの可能性を検討する。
- ⑤ 省人化という観点から、自動ビス止め機構やビス供給システムおよびそれらの制御方法を検討し労務の省力化を図る。

8. おわりに

ここに紹介したCFR-1はまだ研究開発の段階であり現状では実用機のレベルには至っていない。しかし、天井ボード貼り作業をロボット化することには十分ニーズがあり、また今回試作のロボットの基本的構成でそれが可能であることが確認できた。今後こまかな改善改良を繰り返しより実用的なものとしていきたい。