

23. 壁面作業ロボットの開発

東急建設㈱：*後久 卓哉，福田 澄男
坂本 浩一

従来、構造物における壁の塗装作業や検査作業は、対象とする壁面全体に足場を仮設、もしくはゴンドラを用いて人間の手によって行われており、高所における煩雑で危険な作業である。また、塗装作業においては、汚れ作業であるなど多くの問題点を抱えている。

壁面作業ロボットは、プログラムに従い壁面を吸着移動しながらアームに搭載したスプレーガンによって一般的な単色の塗装はもとより、ロボット制御用のコンピュータに取り込まれた描画データに基づき複数の色を使い分けることによって、壁画塗装も可能にしたものである。また、アタッチメントを交換することで壁面における清掃およびタイル剥離検査などの作業を行うことができる簡易なシステムであることから、作業対象を限定せず広範囲な構造物への各種作業が可能である。

1. はじめに

建築物は今までの大量供給の時代から、ストック調整の時代に移行しつつあり、既存構造物の機能維持・向上を図る事を目的とした定期検査、再塗装などリニューアル市場が拡大している。

また近年、建築物や土木構造物の建設は周囲との景観の調和が問題とされており、シビックデザインは新たな都市開発における重要なポイントとなっている。その一環として集合住宅などの壁や擁壁、工業地帯の石油タンクなどに、構造物の重圧感を与えないよう、また人々の目を楽しませることを目的として壁画が描かれている例がある。

しかしそれらは、ほとんど人間の手によって作業を行っているのが現状である。そこで、省力化、作業環境の改善、安定した施工品質を得ることを目的として、アタッチメントを交換することにより壁面の清掃、塗装、タイル剥離検査など1台で多様な作業が行える壁面作業ロボットの開発を行った。

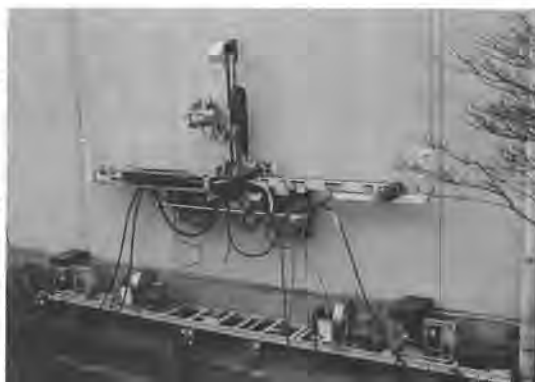


写真1 壁面作業ロボット

2. 開発の目的

2. 1 目的

従来、構造物における壁面で行われる各種作業は対象箇所の全面に足場を仮設しその上で人間の手によって作業が行われている。この作業は危険な高所作業であり、また塗装作業においては、典型的な汚れ作業、検査作業においては、検査員の個人差により結果が異なる、等の問題が挙げら

れる他、足場を組立解体する必要があるため、工期の短縮やコストダウンが図りにくいといった傾向がある。

また、単色の塗装やタイルの剥離検査を行うロボットはいくつか開発されていたが、それらは対象が限定的なものであり汎用性を持ったものは少なかった。

このような現状を解決するために、壁面作業ロボットの開発目的を次のように設定した。

- (1) 無足場での施工を可能とし、安全性の向上を図る
- (2) 機器の構成を簡易なものとし、また容易に架設できるものとする
- (3) アタッチメントを交換することで1台で多種の作業が行えるものとする
- (4) 塗装においては単色はもとより、複数の色を使用しての描画塗装を可能とする
- (5) 建築物の外壁のみでなく、土木構造物の壁面など広範囲にわたり適用可能なものとする

2. 2 開発条件

上記の様な開発目標を満足させるために、以下のような開発条件を設定した。

- (1) あらかじめ入力したプログラムに基づいて、自動的に各種作業が行えること
- (2) 壁面上を円滑に移動し、任意の点で停止できること
- (3) 壁面上部に設置するものは簡易なものとし、装置、設備は地上に設置すること
- (4) 作業場所への搬入作業を容易にするため、構成機材の最小分割重量は、100kg以下とすること
- (5) 描画塗装の場合、1回で同時に5色の塗装が行えること

表1 壁面作業ロボット仕様

項目	寸法・重量
外形寸法	縦 1,765、横 3,350、高さ 495 mm
重量	80 kg f
塗装7- μ 寸法	3,350 mm (X軸)、1,050 mm (Y軸)
有効塗装幅	2,500 mm (X軸)、650 mm (Y軸)
塗装装置	超低圧温風塗装機、5ヘッド
検査装置	可聴域音波

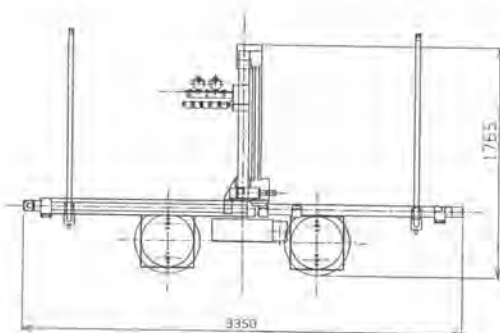


図1 壁面作業ロボット本体図

2. 3 システム構成および概要

前述した条件より開発を行った壁面作業ロボットは、ベースとなるX軸、X軸上をスライドするY軸、Y軸上をスライドするアタッチメントホルダ、またX、Y軸全体を壁面に安定させる2つの吸着パットから構成される。図1に壁面ロボット本体図、表1に仕様を示す。

壁面上の移動は、地上に設置した左右2台のウインチにより行う。ウインチはベースフレーム上に中心から等しい間隔で固定され、ジャッキにより壁面の基準線と常に水平に設置してある。また、ウインチベースには高さを計測するエンコーダを2台固定してあり、計測した高さより2つのウインチを同期させ本体の水平を保持する。(図2

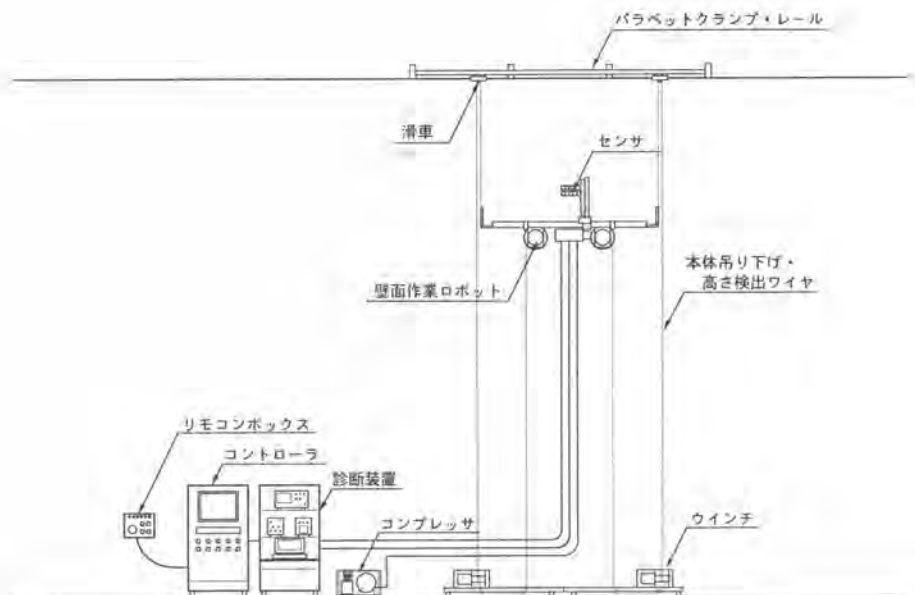


図2 システム構成図（タイル剥離検査時）

システム構成図

1回のウインチの設置で行える作業範囲を1パネル（幅 2,500mm）とし、1パネルの作業が終了した後に右にウインチベースを移動させ、以後同じ作業を繰り返す。

この壁面作業ロボットは、作業時の本体の揺れを防止し、反力を得るため、吸着パットを有しているが、吸着する壁面に5mm以上の段差や深い目地が存在する場合、パット内部の空気が漏れてしまい、吸着が不完全となる。そこで、本体上昇時にセンサで段差を計測し、下降時にパットの吸着位置を段差から回避する段差回避プログラムが組み込まれている。

壁面作業ロボットは、アタッチメントを交換することにより以下の各種作業を行うことができる。

- ①単色塗装作業
- ②描画塗装作業（1ドットφ50～100mm、10色以内）

③清掃作業（ワイヤブラシ使用）

④タイル剥離検査（音波センサ使用）

以下に描画塗装作業およびタイル剥離検査作業の概要について述べる。

3. 作業概要

3. 1 描画塗装作業

描画塗装作業は、以下の手順で行う。

- ①描画に使用する原画を塗装ガンを塗装色と壁面上の場所を指定するドットによる描画データに変換する
- ②対象壁面の高さ、描画ドットの大きさ、吹き付けガンの動作設定値を入力する
- ③プログラムによる段差位置を計測しながらの上昇
- ④描画塗装をしながらの下降
- ⑤次のパネルへのウインチベースの移動

で1サイクルとなる。

本機は塗装ガンを5台搭載していることから



写真2 描画塗装状況



写真3 壁面検査状況

1度に5色までの塗装を行うことができるが、それ以上の塗装を行う場合は、レイヤを複数に分け、同じパネルを使用する塗料の色に入れ替えて2回塗装を行う。

パソコンによるデータで描画を作成することから下絵を描く必要がなく、また事前に完成壁画の状況を確認することができる。写真2に壁画塗装状況を示す。

3. 2 タイル剥離検査

タイル剥離検査は、以下の手順で行う。

- ①対象壁面の高さ、検査ピッチの入力
- ②プログラムによる深い目地及び段差の位置を計測しながらの上昇
- ③タイル剥離検査をしながらの下降
- ④次のパネルへのウインチベースの移動

で1サイクルとなる。また、検査を行うピッチは、プログラムにより容易に変更することができる。1サイクル終了後は、壁面上の位置と判定を1組にした検査結果を、数値データとしてコンピュータに保存する。保存した数値データは、CAD図面上に点として表すことができるので壁面上のどの部分がタイル剥離の危険性があるのか正確に表すことができる。

また、マニュアルでも操作可能なことから不良個所が頻繁に測定された部分や、確認を行いたい部

分の再計測を行うことができると同時に、搭載したカラーCCDカメラで壁面の状況を確認することが可能である。写真3に検査状況を示す。

3. 3 施工能力

各作業の施工能力は以下の通りである

清掃作業	33.6 m ² /h
単色塗装作業	140 m ² /h
描画塗装作業（5色,50mm）	3 m ² /h
剥離検査作業	45 m ² /h

4. まとめ

壁面作業ロボットは、タイル剥離検査の他、アタッチメントを取り替えることにより、単色、多色の描画塗装を行う機能、清掃、補修作業を行える機能を加え、一連のリニューアル作業の自動化、効率化を図った。

建築物外壁のタイル外壁については、定期点検が義務づけられており、今後同様の物件は数多く存在することが確認された。また、塗装の塗り替えなどもあり、リニューアル物件の市場性の高いことが判明した。

今後は、この壁面作業ロボットを一般の建築物外壁での作業に限らず石油タンクなどの鋼構造物、ダムや橋脚、など土木構造物への広範囲な適用を図っていきたい。