

2. 耐火被覆吹付装置“ウェットボーイ”

清水建設(株)：岡野 正・箕輪 晴康

*西村 淳

ニチアス(株)：吉田 武弘・常谷 雅彦

1. はじめに

鉄骨構造のビルは、火災時に1000℃におよぶ高熱にあっても、鋼材が一定時間、一定温度以上に上昇しないように防護処置として耐火被覆を行うことが建築基準法で定められている。この耐火被覆の施工には種々な工法があり、設計および施工条件に合わせて最適工法が選定されるが、一般には施工能率やコストの面から現場での吹付け工法が採用されることが多い。

この吹付け工法にも吹付け材料の種類によって、半湿式と湿式の2種類があり、このうち半湿式が耐火被覆吹付け工事のほぼ80～90%を占めているのが現状である。

しかし、半湿式の吹付け作業は、材料の跳ね返りや粉塵の発生を伴うため作業環境がきわめて悪く、周囲の作業にも影響をおよぼしている。このため作業場所は外部飛散防止用の養生を全面に施し、作業員は防塵用の衣服やマスクなどを着用しなければ、その中で作業できない状態になっている。

湿式の場合は比較的粉塵が少ないため、外周養生は簡易にすることはできるが、材料の跳ね返りや飛散が発生するので作業員には同様な防塵対策が必要である。

また、いずれの場合でも、重い吹付けノズルの先端を持って材料供給ホースを引きずりながら、高い足場の上で不自然な姿勢で作業することが多く、2～3人が一組になって交替で行う疲労の激しい作業である。このため作業員の休息が不可欠のうえ足場の移動時間も加わり、さらに事前準備・事後片付け作業を含めると実質の吹付け作業時間は1日わずか3時間程度になっている。

このように、耐火被覆の吹付け作業は過酷な条件のもとで行われているため、作業環境の改善・苦渋作業からの解放・安全性の向上など3K追放対策としての機械化が望まれ、加えて熟練工の不足と高齢化への対応が求められてきた。

2. 開発概要

耐火被覆吹付け作業用ロボットの開発は比較的古くから行われ、1987年には既に、全自動耐火被覆吹付けロボット「SSR-3」が完成している。また近年においても、汎用型産業用ロボットを活用したシステムが新たに開発されている。

しかし、高級なシステムは現場の作業員だけでは取扱いが難しく、また装置費用が工事費のコストアップにもつながって普及展開が遅れているのが実状である。

本装置は、このようにロボット化の技術ノウハウが進展している中で、直接現場で耐火被覆吹付け作業を手掛けている人たちが直面しているニーズに応えるため実用性を第一に考え、ロボット化時代には逆行しているように思えるが、装置をリモコン式の簡易な装置にし、「誰でも」「どこでも」「すぐに使える」を狙いに開発した。

当面、吹付け材料は、吹付け後の押さえ作業のための高所作業がいらぬ湿式を対象とした。



写真1 「ウェットボーイ」

3. システム概要

3-1 システム構成

この装置は、従来の手作業で使用されている材料プラントとの組み合わせで構成されている。従って、装置の根元で材料供給ホースを切り離し、通常使用しているノズルに付け替えることで、即、在来工法とすることもできる。

このシステムの主な機器構成は、①アーム機構、②昇降装置、③移動台車、④ハンディリモコン、⑤制御装置、⑥材料プラントからなっている。

装置の寸法・重量は、ロングスパン工事用エレベータを利用して所定階へ揚重できることを条件として、搬送時、高さ 2,400mm、幅 870mm、長さ 2,300mm で、重量 900kg に収まっている。

3-2 機器・性能

- ① アーム機構は、吹付けノズルを保持している。ノズルは上下左右どの方向にも 180° 自由に動くことができる。アームは前後 720mm スライドし、左右には 900mm の範囲をスイングする。
- ② 昇降装置は、①アーム機構を上下移動させ、ノズルの位置で 2,300mm から 4,510mm の高さ範囲をカバーすることができる。
- ③ 移動台車は、⑤制御装置を含めた装置全体を搭載し、前後、左右の移動を 10m/min の速度で自由に床上を走行する。
- ④ ハンディリモコンは、オペレータが装置から離れて床上で、ボタンとレバー操作だけで自分が作業を行うのと同じ動きをダイレクトに装置に伝えられる。吹付け状態を直視しながらオペレータが直接操作するため、従来のロボットでは難しかった複雑な部位の吹付けや、先付けの配管などの障害物にも即時対応できる。リモコンボックスには、有線と無線があり、状況に応じてオペレータが選択する。
- ⑤ 制御装置は、ハンディリモコンからのオペレータの操作に基づいた装置の動きを制御するとともに、吹付け面とノズルの距離を一定に保つ自動補正機能や、吹付け幅の両端を入力すると自動で吹付けを行う自動吹付け機能、ノズルの吹付け方向を反転する場合に行う自動反転機能、その他の種々なソフトが内蔵されている。
- ⑥ 材料プラントは、従来の手作業に用いられているプランジャ式のポンプとミキサーを利用しているが、材料の ON-OFF はハンディリモコンからオペレータが制御できる。

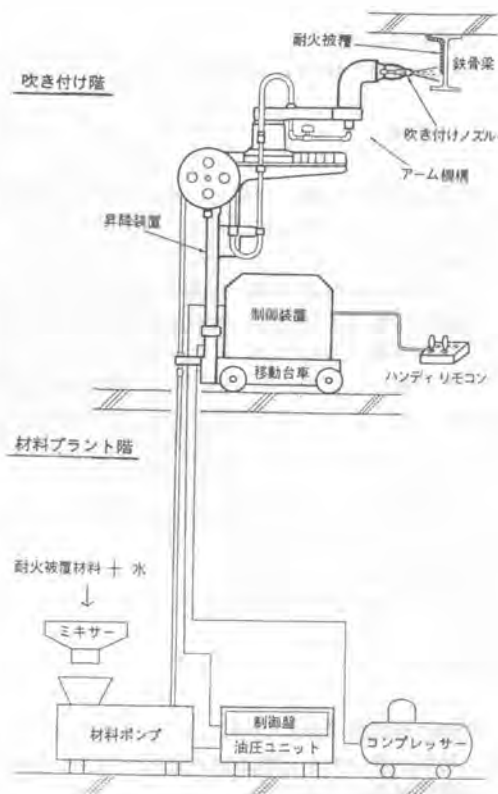


図1 システム図

吹き付け範囲	上下	2,300~4,510mm
	左右	0~900mm/ストローク
	前後	720mm
駆動源	AC100V (バッテリー搭載)	
制御方法	リモートコントロール方式 (自動補正機能付)	
重量	900kg	
寸法	全長2,300mm, 全幅870mm, 全高2,400mm	
安全装置	アーム機構衝突防止装置	
	非常停止鈕	
	制御異常保護装置	
	異常降下停止弁	

表2 仕様

3-3 吹付け作業

1) 事前準備

装置をリフト、あるいはロングスパン工事用エレベータを利用して所定階に揚重し、材料プラントとのホース類を接続して電源 (AC 100V) を接続すれば運転準備完了である。

2) 吹付け作業

装置を吹付け位置に移動し、吹付け範囲を設定したらノズルを水平に振りながら吹付け状況に応じ、下降して行くのが基本動作である。設定範囲内の吹付けが完了するとその分だけ台車を横移動し、つぎの範囲の吹付けを行う。

ノズルの左右移動には、自動・半自動・手動の3つの動作モードがあるが、いずれのモードを選択した場合でも上下移動は、オペレータが吹付け厚さと仕上がり状況に応じて昇降ステップの幅を調整しながら手動で操作する。

自動運転は、自動的にノズルと吹付け面の距離を一定に保ちながら左右の動作を繰り返す自動補正機能を備え、ノズルの左右動作の範囲を指定することにより指定範囲の左右動作を繰り返す。障害物のない単純な平面の吹付け作業等の、広い面積の吹付け作業において能率よく作業を行うことができる。

半自動運転は、自動補正機能を備えているのみで、他の動作は全てオペレータの手動操作により動作する。従って梁のウェブに貫通口がある場合など途中で吹付け範囲が変化する作業に適する。

手動運転は、全ての動作がオペレータの操作によるもので、複雑な形状をした吹付け面や、周辺に配管などの障害物がある場合、及び補修・手直しなどの作業に適する。

3) 後片付け

吹付け作業終了後は通常行っている方法と同様に、材料プラントから水を圧送するだけで、簡単に装置の洗浄ができる。

3. 特徴

① 「誰でもすぐ慣れる手作業感覚」

簡単な操作で作業員の動きが忠実に再現されるので、1～2日の練習で取り扱いでき実用性が高い。

② 「汚れず、疲れず、一人でもできる」

2～3人が交替で行っていた吹付け作業をリモコン操作により1人ででき、遠隔操作なので粉塵の影響を受けずに作業が行え、苦渋作業から解放される。

③ 「梁の隅々や障害物にも対応」

オペレータが吹付け状態を直視しながらリモコン動作を行うので、臨機応変な対応をすることができる。

④ 「足場不要の安全作業、作業効率アップ」

全て床上からの操作なので、高所作業がなくなり安全性が向上するとともに、足場の移動時間が省け作業効率も約20%向上する。

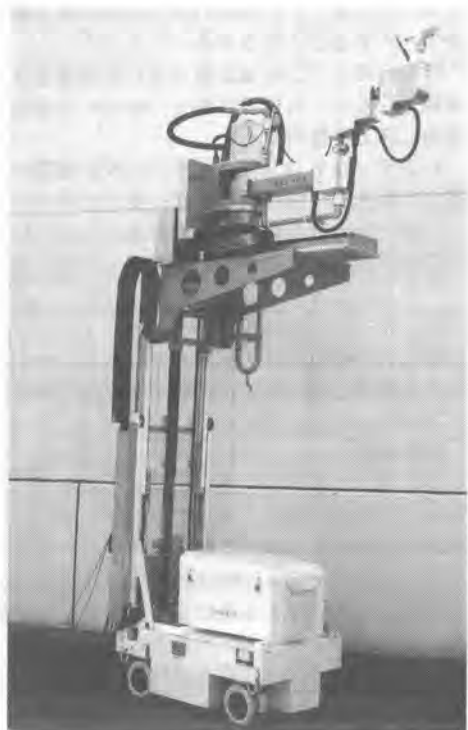


写真2 ウェットボーイ ノズル上昇時

4. 施工状況



写真3 垂れ壁への吹付け状況

今までに「ウェットボーイ」は、清水建設で3現場、他社で3現場に導入し、使用している。

梁ばかりなく、防災垂れ壁への吹付けにも適用できることが確認された(写真3)。また、階高の高い所でもジョイントパイプを設置して、動作・品質とも問題なく適用できることが確認された(写真4)。



写真4 梁下への吹付け状況

5. おわりに

「ウェットボーイ」は、清水建設とニチアスが両社の自動化技術を基に、熟練作業員の意見を十分に取り入れ、実用性を第一に考え開発したものである。

従来、建設ロボットの普及展開は非常に難しいものがあり、その原因として取扱いの難しさやコストアップが挙げられるが、「ウェットボーイ」ではシステムを必要最小限の機能・性能にとどめ、簡易化することで装置価格を極力低くして施工費のアップを抑え、その中で3K追放を達成している。

「ウェットボーイ」は、いわゆるロボットとは異なり、作業員が道具感覚で使える装置である。今後は、施工実績を重ねオペレータがより使いやすいものに改良改善するとともに、半湿式タイプの材料にも簡単に対応できるように改造し、幅広い普及展開を図りたい。