

## 52. 建築ロボットの開発

(株)竹中工務店：山田 弘道

### 1 はじめに

他産業に比較して、低生産性とその格差拡大に危機感を持った建設業が、生産性向上の手段として製造業で効果を上げたロボットの導入に目を向け始めたのは、昭和50年代前半である。しかし、製造業で使われた産業（工業）用ロボットを、そのまま建設業に導入しても使いものにならないことは明白であった。なぜなら、建設業特有の制約条件である、イ.屋外での使用、ロ.振動・衝撃・粉塵の多い作業環境下での使用、ハ.大型大重量物のハンドリング、ニ.広範囲をカバーすべく移動機能（又は、リーチを大きく）が必要、ホ.取扱う部品の材質・寸法形状・重量が多種多様である、などに適したロボットが見当らなかつたからである。

また、このような制約条件下では技術的に困難な課題が多過ぎるためか、産業用ロボットの製造に追われ過ぎていたためか、ロボットメーカーは建設業には目を向けなかつた。そこで、建設各社はこぞって独自開発、あるいは建機メーカーとの共同開発を目指した。その結果、昭和56～57年頃より建設用ロボットと呼ばれるものが世に出始めた。竹中工務店においても独自又は、共同開発によって各種建築用ロボットを開発して来た。本稿では、これらのロボットの实用化に主眼を置いた報告をする。

### 2 竹中の建築用ロボット

竹中工務店における建築用ロボット開発経過は図-1に示す如くである。

建築の躯体工事、特に、コンクリート工事を対象に選び力を入れて来たことがわかる。鉄筋工事では、原子力建屋用の太径鉄筋を対象としており、一般のビル建築に使われる鉄筋については手をつけていない。仕上げ工事に関連するものとしては、外壁の塗装や、タイルの剥離検査、リフレッシュ用の塗膜剥離など、外壁に関係するものが多い。又、仕上材や、仮設材の垂直揚手手段であった建設用リフトの周辺技術を整備し、資材の積込みから、使用階での所定位置までの分配を自動化させたシステムをも、ロボットの範疇に入れさせてもらって以下に説明する。

#### 2-1 コンクリート工事用ロボット

建築工事で最も重要かつ、過酷作業の一つであるコンクリート工事の生産効率を高める手段として機械化・ロボット化を推進して来た。

コンクリート工事には、大別して、生コンクリートの打設分配、床均し、養生、(直)仕上げの作業があり、打設分配用としてディストリビュータを、(直)仕上げ用としては"サーフロボ"を実用化させてきた。他の作業についても検討中である。

	s55	56	57	58	59	60	61	62	63	
コンクリート	エグジット水平ディストリビュータ		ディストリビュータの自動運転							
	エグジット床仕上げ分(9-10分)		コンディンスクレール塗りの自動化		エグジット均しロボット					
鉄筋	鉄筋組立てロボット									
	鉄筋加工ライン									
外壁	外壁調査ロボット									
						外壁塗装ロボット				
						外壁剥離ロボット				
搬送	資材搬送の自動化									

図-1 建築ロボット開発経過

## A. コンクリートディストリビュータ

2通りのタイプがある。1つは水平方向にアームが曲がる水平ディストリビュータ（写真-1）であり、もう1つは垂直方向にアームが曲がるタイプで、クレーン機能を併せ持ったコンディスクレーン2020（写真-2）である。

水平タイプは上階の梁などに影響を受けずに作業ができるので、S造やSRC造の建物に適應できる。開発当初の操作方法は、手動レバー方式で6個所の関節を直接操作する方式を採っていたが、最近ではCPU搭載により自動障害物回避システムや、全関節を1本レバーで操作できるシステムを採用し、より使い易いロボットに育てている。

垂直タイプは、打設階の上部に梁などがあると筒先の振廻しに障害となるので、RC造や積層工法の建築物に適しているタイプである。運動機能としては、垂直方向に曲がる3関節ブームと旋回用の4自由度の操縦型ロボットである。本機も、開発当初は手動操作方式であったが、最近では、筒先の垂直・水平移動をスムーズな運動とさせる自動コントロール方式が採用されている。

以上のディストリビュータは、一般的にはレベルが低いとされている操縦型ロボットであるが、現状のコンクリート打設作業のように、ロボットへの情報が不安定で変動が大きい場合は人間の判断や操作を加えられるこのロボットの様な方式が、より現実的かつ効果的である。

2種のコンクリートディストリビュータは、40弱の作業所で約20万 $m^3$ 以上の生コン打設を行ない、図-2に示す省人効果や、能率向上の効果を上げている。ただし、コストダウンについては、現状の下請制や、作業の発注形態等技術以外の点で難しい問題もあり、全ての作業所で効果を出せるとは限らない。又、配筋の乱れ防止など品質向上や施工管理のし易さなどでも若干の効果が出ている。

## B. コンクリート直仕上げ機"サーフロボ"

昭和61年12月に発表した"サーフロボ"（写真-3）は、共同開発会社である（株）三和機材が、建機の販売・リースを行っている伊藤忠建機（株）と販売契約を締結（62年夏）したことにより、10数台のサーフロボが各地で活躍するまでに育っている。

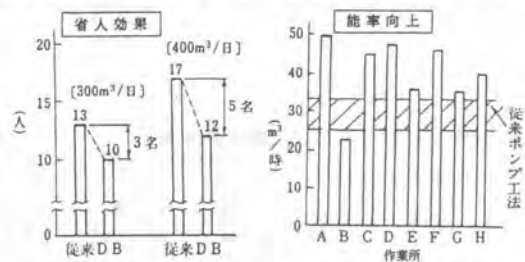


図-2 ディストリビュータによる効果



写真-1 コンクリート水平ディストリビュータ



写真-2 コンディスクレーン2020

この間の実績は、試験施工も含めると西日本地区で15万m<sup>2</sup>、東日本地区で6.5万m<sup>2</sup>、計21.5万m<sup>2</sup>にのぼり、現場数では、当社分38現場、他社も含めると約50現場で稼働したことになる(63年7月現在)。これまでに、広がった理由としては、開発者グループの改善活動とユーザーである左官業、特に関西の"桑地建塗"、関東の"サンキ"のコンクリート床の直仕上げ作業の効率化に対する熱意があった為と思われる。

効果の1つとして当社P作業所(神戸)の工期短縮の例を図-3に示す。

## 2-2 鉄筋工専用ロボット

原子力建屋の鉄筋工専用として、現場内でD-38の鉄筋を一本一本配筋する鉄筋組立ロボット(写真-4)と、同じD-38鉄筋を籠状にユニット化(プレハブ鉄筋の一種)する鉄筋ユニット自動加工ラインを昭和60年に開発し、K作業所に適用した。

鉄筋組立ロボットは、建築用ロボットとしては比較的高度なロボット技術を採用しているが、可搬重量300kg、最大作業半径13m、揚程15mの性能を確保し、位置決め精度を5cm以内に納める為には、本体重量が約20ton(含4ケのバラスト)にもなり、移設性に問題があり実用化までにはいたらなかった。ただし、重量鉄筋のプレハブ化用として活用性を検討中である。

鉄筋ユニット自動加工ラインでは、K作業所における全鉄筋量の20%(約10,000ton)の加工を行ない、鉄筋工事の労務工数低減に効果を上げた。

図-3  
サーフロボ  
による効果

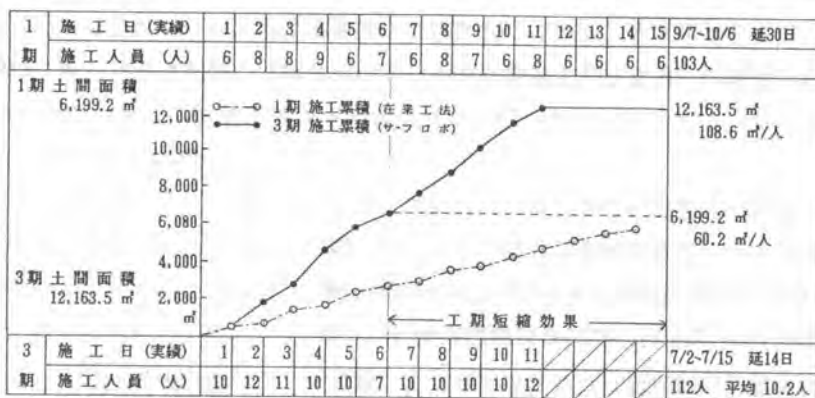


写真-3 コンクリート直仕上げ機  
"サーフロボ"



写真-4 鉄筋組立ロボット



写真-5  
外壁タイル剝離  
調査ロボット

### 2-3 仕上げ工事用ロボット

外壁タイルの剝離調査ロボット(写真-5)は、昭和58年に完成し、昭和59年の建設省技術評価を得たものである。以来20数件の実績を上げているが調査後の分析用専門家が十分に育っていないこともあって、全社的展開までできていないのは残念である。

外壁の塗装ロボットは、塗料の吹付部とガイドレール(リーダ)方式については完成したが、ゴンドラ方式を検討中で、本格的な施工実績はない。

外壁塗膜剝離ロボット"ジェットスクレーバ"(写真-6)は本年5月に完成したもので、今後増大する建物のリフレッシュ工事に威力を発揮するものと期待している。

### 2-4 資材揚重運搬の自動化

大型リフトへの積込み、積降し作業を自動化させた2方式の揚重運搬システムを62年度に開発し、東京・大阪の代表的作業所にて稼働させた。その結果、揚重専従員の削減、揚重時間の低減等の効果を得た。詳細は別掲にゆずる。

### 2-5 その他のロボット

施工関連以外のロボットとして、当社が最近発表したものに、書類や郵便物を各個人のデスク等に搬送・集配するオフィス用小型ロボット"Beet"とクリーンルーム計測ロボット"SMART"がある。

## 3 あとがき

建築ロボットとして公表されたものは30数種、製造台数は100台以上と推察されるが、実用化までなされた例は少ない。その中でも当社の場合は実績を上げた物件を多くもっていると自負しているが、充分とはいえない。品質向上、労働負荷の低減、作業環境の改善、安全性の向上といった目標(ねらい)を達成したとしても、実際にコストダウンに繋がらないと、実用化には結びつかない。また、自動化レベルを高めたロボットを開発しても、ユーザーであるサブコンに充分使えるものにしておかなければ普及はしない。さらに、ロボット化施工を容易にさせる建築生産システムの確立も大切である。以上の点に留意しながら、今後も建築の機械化施工(自動化、ロボット化)を推進させていきたいと考えている。



写真-6 外壁塗膜剝離ロボット  
"ジェットスクレーバ"

#### 参考文献

- 1) 「第1回建築施工ロボットシンポジウム論文集」1987年 日本建築学会材料施工委員会
- 2) 「第2回建築施工ロボットシンポジウム論文集」1988年 日本建築学会材料施工委員会
- 3) 建築の技術「施工」1988 no.271 (5月号) 彰国社
- 4) 「建設の機械化」1988 6月号 日本建設機械化協会
- 5) 「最先端の産業用ロボット」 p123-131 技術調査会