

# 33. タイル貼りロボットの開発

(株)間組：配野 均・\*増淵 和幸

(社)全国タイル業協会：石川 誠一郎

(株)小松製作所：大坪 和彦・沢野 利幸  
齊藤 伊徳

## 1. まえがき

近年、建設業における労働者の高齢化や技能工の不足は、建築工事量の増加や若年者の不足により深刻な問題となっている。これらの諸問題の解消や生産性の向上を目指して各種の建設ロボットが開発されている。

ビル外壁のタイル施工についても年々工事量が増加する傾向にあり、タイル業界や左官業界においても同様の問題を抱え、工事量の増加に対応することが困難な状況になっている。

このような状況を打開し、需要に応え、品質の安定化を図るために、(株)間組、(社)全国タイル業協会、(株)小松製作所の三者共同でタイル貼りロボットの開発に着手した。本報では、現在までにまとめた基本構想および要素実験結果、そして試作したロボットについて紹介する。



図-1 タイル貼りロボット構想図 (作業中)

## 2. タイル貼りロボット基本構想

### 2. 1 全体構想

間組では、共同開発を始める約1年前からタイル貼りロボットについての検討を進めてきた。その過程で建設会社だけの考えに偏らないようタイル施工業者や左官業者にヒアリングを行い、以下に示す基本構想(図-1参照)をまとめた。また、外装タイル貼り施工は、下地モルタル施工とタイル貼り施工とに大別され、準備から仕上げまでは図-2に示すような作業に分けられる。本開発では、人間が行う作業とロボットが行う作業とを区分し、主要な作業となる下地モルタル塗り付け、タイル貼り付け(図中の斜線部)をロボット化することにした。基本構想の主要な内容を以下に示す。

①下地モルタル塗り付けとタイル貼り付けの各作業は1台のロボットで兼用できる。

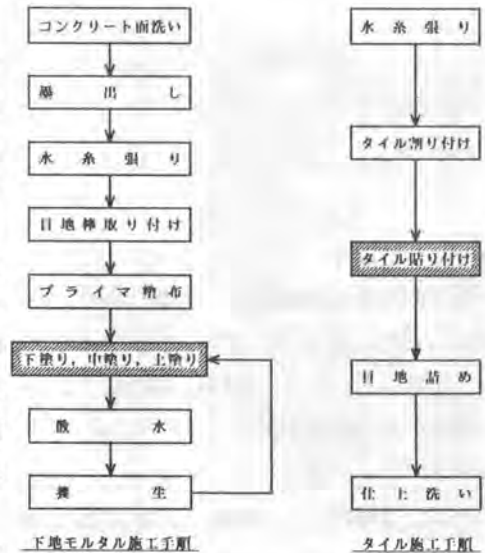


図-2 外装タイル施工手順

- ②作業員 1名とロボット 1台がペアになって作業を行う
- ③施工対象は、比較的大面積部分の役物等を含まない平面部とする。
- ④足場の盛り替え、撤去等は従来通りで、現場の変更を不要とし、ロボットは躯体と足場間に設置される。
- ⑤躯体にアンカーを設置し、これにガイドレールを水平に取り付け、ロボットはこのガイドレールにより横移動するものとする。

## 2. 2 基本仕様

先に述べた全体構想に基づいてロボットの仕様を検討し、表-1に示す基本仕様を設定した。

## 3. 要素実験

### 3. 1 下地モルタル塗り付け実験

下地モルタルをロボットにより塗り付けることができるか、また、塗り付けられたモルタルの接着状態が左官工によるものと差異があるかについて、産業用水平多関節ロボットを使用して要素実験を行った。その結果、ロボットによる塗り付け方法としては、ロボットハンド先端部に取り付けたコテに圧送ポンプによりモルタルを連続的に送り、躯体に塗り付けることが可能であることが確認された。また、同一のモルタル材料により、このロボットによる左官作業と左官一級技能士によるものとの接着強度比較を行った。その結果、双方とも材令28日で平均  $8\text{kgf/cm}^2$  の接着強度が得られ、目標値である  $6\text{kgf/cm}^2$  以上を満足した。

また、下地モルタルは躯体の凹凸を平滑に仕上げる必要があるため、図-3に示すように、コテ上部に取り付けたセンサにより躯体の凹凸検出を行い、コテ移動速度にフィードバックし、下地モルタル吐出量を一定として躯体壁面の凹凸に対してコテ速度を可変速させ、下地モルタルを平面に仕上げる方法を確認した。

### 3. 2 タイル貼り付け実験

タイルの接着強度と貼り付け後の位置ズレ(ダレ)の程度を確認する目的で、タイル貼り付け実験機を製作し要素実験を行った。ロボットによるタイル施工方法を図-4に示す。この場合、オープンタイム(貼り付けモルタルを壁に塗り付けてからタイルを貼り付けるまでの時間)

表-1 ロボット基本仕様

	モルタル塗り	タイル貼り
標準施工面積	5.6㎡	5.3㎡
施工能率	3.0㎡/日	2.0㎡/日
施工精度	凹凸±2mm(2m区間内)	
接着強度	6kgf/cm <sup>2</sup> 以上	6kgf/cm <sup>2</sup> 以上
タイルの種類	小口平、二丁掛	
移動方式	水平方向:ガイドレール方式 上下階:吊り下げ方式	
寸法	3.5(H)×2.0(D)×0.28(B)m	
重量	約250kg	
電源	AC100V, 約3kW	

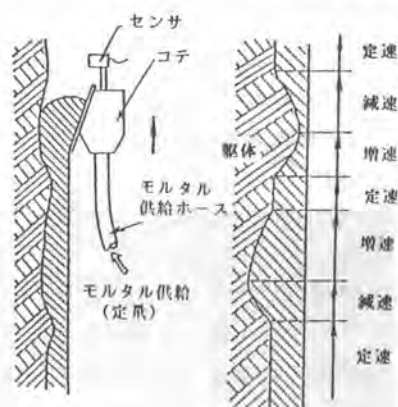


図-3 躯体凹凸への対応方法

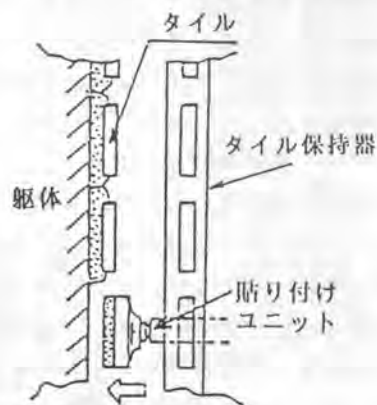


図-4 タイル貼り施工方法

や貼り付けモルタルの不均一等の問題を解消する方法として、タイル貼り付け直前にタイル裏側にモルタルを均一な厚さに塗り付けて、これをビブラート（タイル貼り用衝撃工具）で押付けて躯体に接着する方法（仮称「R貼り」）を採用した。その様子を図-4に示す。

タイルの接着強度は、目標値が材令28日で $6\text{kgf/cm}^2$ であるのに対し、 $13\text{kgf/cm}^2$ の結果が得られ、目標値を満足していることが確認できた。また、貼り付け後の位置ズレについては、タイルを壁面に押付けたときの位置と吸着を解除したときのタイルの位置ズレ量を図-5、6に示すように、平面的および立体的な方向から測定した。平面的なズレは、X、Y方向のズレ量がいずれも $0.5\text{mm}$ 以内であり、 $y_1$ と $y_2$ のズレ量はほぼ同等で $0.3\text{mm}$ 以内であった。また、立体的なズレは、タイルの4頂点( $p_1 \sim p_4$ )の $h$ を測定したところいずれも $0.5\text{mm}$ 以内であり、奥行き方法の不均一な沈み込みや浮き上がりは発生しなかった。

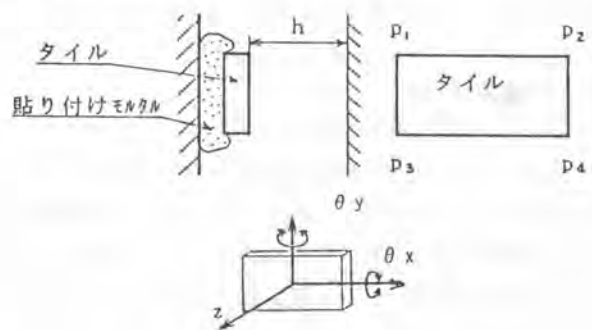
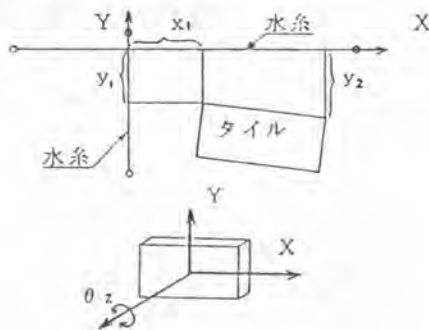


図-5 タイルの位置ズレ測定方向(平面的) 図-6 タイルの位置ズレ測定方向(立体的)

#### 4. 試作ロボット

##### 4. 1 下地モルタル塗りロボット

試作したロボットは、ロボット本体、モルタル圧送ポンプ、モルタル供給ホース、給電ケーブルから構成される。モルタル圧送ポンプは建物内部に設置し、ロボット本体の設置場所に近い窓等の開口部からモルタル供給ホースと給電ケーブルを引き出してロボット本体に接続する。ロボット本体は図-7に示すように、本体フレームの中央部にX（方向）スライドフレームがあり、Xスライドフレーム上にY方向に約 $\pm 1\text{m}$ スライドできるYスライドフレームを搭載している。このYスライドフレーム上に、上下に移動できる下地モルタル塗り付け用コテ部を設置している。

##### 4. 2 タイル貼りロボット

タイル貼り用としては、ロボット本体、タイルを吸引し押付けるためのエアーコンプレッサ、エアーホース、給電ケーブル、タイルカセット 2本、モルタル貯蔵タンク 1本から構成される。図-8に示すように、Yスライドフレーム上に27枚のタイルを同時に格納可能なタイル保持器を取り付けており、このタイル保持器の両側の開口部を通してタイル供給器からタイルを供給する。タイル保持器にタイルを供給した後、貼り付けモルタルを塗り付け、Yスライドフレーム上を上下スライドできる貼り付けユニットで順次タイルを吸引し壁面に押付けてビブラートをかけて貼り付ける。

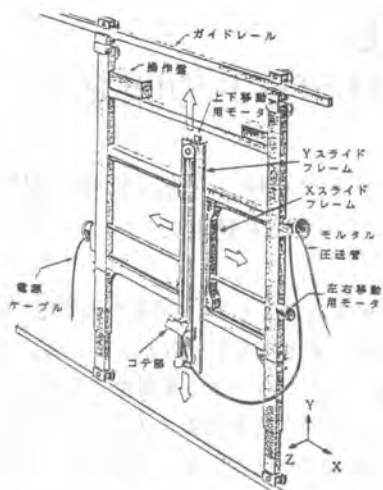


図-7 下地モルタル塗りロボット  
(躯体側より見た図)

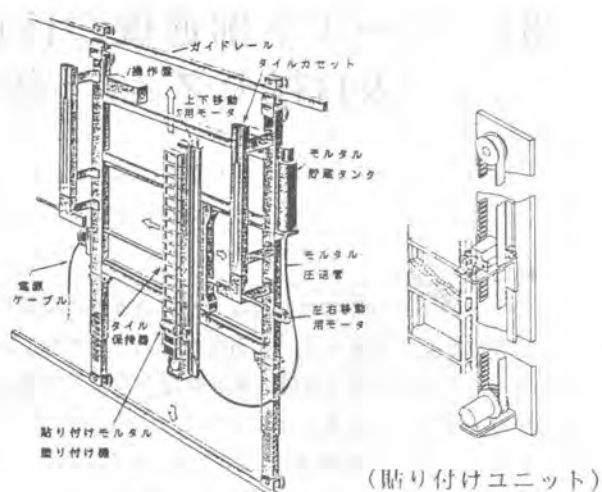


図-8 タイル貼りロボット  
(躯体側より見た図)

## 5. 今後の展開

現在、屋内に建物の外壁を模擬した壁（高さ4.5m×幅7.8m）を設置し、基本構想でまとめた試作ロボット（写真-1）により、下地モルタル塗り付けおよびタイル貼り付け実験を行っている。また、同時にロボットに適したモルタル材料の開発や材料試験、および試作機の改良、実機レベルでの作業方法や施工手順等を検討している。今後は、この室内実験において施工品質の確認および操作方法や作業手順等を確認し、実施工に適合するように改良を続け、現場実験に結び付けたいと考えている。

## 6. あとがき

建築工事量の増加と、若年労働者の業界離れからくる労働者の不足や高齢化の問題を抱える建設業においては、本ロボットのように、窓周りや目地棒際、役物等は従来通りの人手に頼り、人間が共存する形で対処していくことが考えられる。さらに、将来的には建設ロボットをより高度化する研究を進め、他の作業を行う建設ロボット群との協調作業行うシステム化を追求し、生産性の向上を図っていきたい。

最後に、本共同開発は、財団法人建設業振興基金の昭和63年度および平成元年度建設業振興策に基づく構造改善事業の助成対象の適用を受け、開発事業費用の一部を御援助いただいで実施していることを付記しておく。

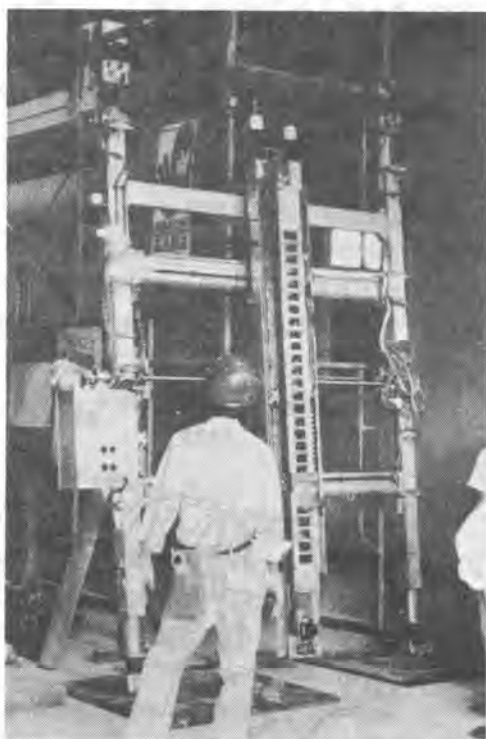


写真-1 試作したタイル貼りロボット