

## 53. タイル張りロボットの開発(第3報)

(社)全国タイル業協会：石川誠一郎

KOMATSU：大坪 和彦

ハザマ：木川田一弥

### 1. まえがき

近年、ビル外壁タイル工事の需要は増加傾向を示しているが、その一方で技能工の数は、年々減少する傾向にあり、建設工事における他の分野と同様、労働力不足の問題が今後ますます顕在化すると考えられる。

(社)全国タイル業協会、KOMATSU、ハザマの三者は、この問題を緩和し、タイル張り施工品質の安定化、生産性の向上を図るために、タイル張りロボットの技術開発を進めてきた。

本シンポジウムにおいては、これまで2回の発表を行っており、第1報では、本ロボット開発の基本構想、要素試験などについて、また第2報では、ロボット試作機による性能評価試験、現場実証試験結果について報告した。

本報では、試作機による試験結果に基づき、種々の改良を加えたロボット実用機の開発と同機による試験結果、および今後の展開について報告する。写真-1にロボット実用機を示す。



写真-1 タイル張りロボット実用機

### 2. ロボット実用機的主要改良点

今回開発したロボット実用機は、試作機に比較し、性能・仕様について主に以下の改良がなされている。表-1にロボット実用機の仕様を示す。

#### 1) 小型化・軽量化

試作機は、その大きさ・重量から、現場施工時の据付け・撤去、またロボットの取扱いが必ずしも容易ではなかった。そのため実用機では、ロボットを小型化(40%減)、軽量化(80%減)した。

#### 2) 施工速度の向上

試作機のタイル張り施工速度は、熟練作業員の施工速度以上であったが、ロボット導入の効果をより明確にするため、実用機では50%の施工速度向上を図った。

#### 3) 操作方法の簡易化

試作機では、ロボット施工操作をロボットとは別置きのコピュータからの指令により行っていたため、設置場所の確保や、コンピュータに不慣れな者に対しての、操作面での課題があった。これに対し、実用機ではロボット制御・操作装置をロボット側に一体的にセットするとともに、ロボット操作ボタンを押すだけで行えるようにした。

#### 4) ガイドレール設置方法の変更

試作機では、ロボット水平移動用のガイドレールをアンカーボルトにより躯体に固定する方式を採用していた。しかし、この方式では、固定アンカー部分に施工不能箇所が残ることから、ガイドレールを足場側にセットする方式に変更した。

一方、タイル裏足にコテによって張り付けモルタルを塗る方法、ビブラートをかけながらセンサにより所定のモルタルつぶし厚を制御するタイルの張り付け機構などについては、試作機で開発した技術を基本としている。

表-1 ロボットの主な仕様

項目	仕様	
ロボット本体	対応目地割り	横張り(長手水平方向) 通し目地(イモ張り)、破れ目地(ウマ張り)
	対応目地幅	縦目地: 8±2mm, 横目地: 9±2mm 伸縮目地: 対応可能
	単位施工面積	約0.4㎡(1回のセットによる)
	移動方式	(水平) ガイドレール (垂直) チェーンブロック等
	電源	AC100V
	設置場所	躯体～足場間(幅30～33cm)
	外形寸法	高2.8×幅0.8×奥行0.28m
重量	約260kgf	
周辺機器	ガイドレール	縦60×横30×長1800mm
	エアコンプレッサ	2.2kwクラス以上(AC200V)
適用材料	張り付けモルタル	プレミックスモルタル(通常市販品)
	タイル	二丁掛タイル(厚さ8～15mm) 表面の平滑な平物(乾式・湿式)

### 3. タイル張りロボット実用機の概要

タイル張りロボットの構成を図-1に示す。システムは、ロボット本体、ガイドレール、タイル張り付けアクチュエータ用のエアコンプレッサ、およびハンドミキサ(あるいはモルタルミキサ)から構成される。このうち、ロボット本体を構成する主要素とその機能は以下の通りである。

#### ① 車輪

ロボットをガイドレール上に支持する。水平方向移動はガイドレール上を手動で押すことにより行う。なお、垂直方向移動(階層間移動)は、チェーンブロックなどを用いる。

#### ② モルタルホッパー、モルタルコテ

張り付けモルタルをタイル裏足に塗る。ホッパー容量は約5ℓであり、約50枚の二丁掛タイルを張ることができる。モルタルの補給はオペレータが行う。

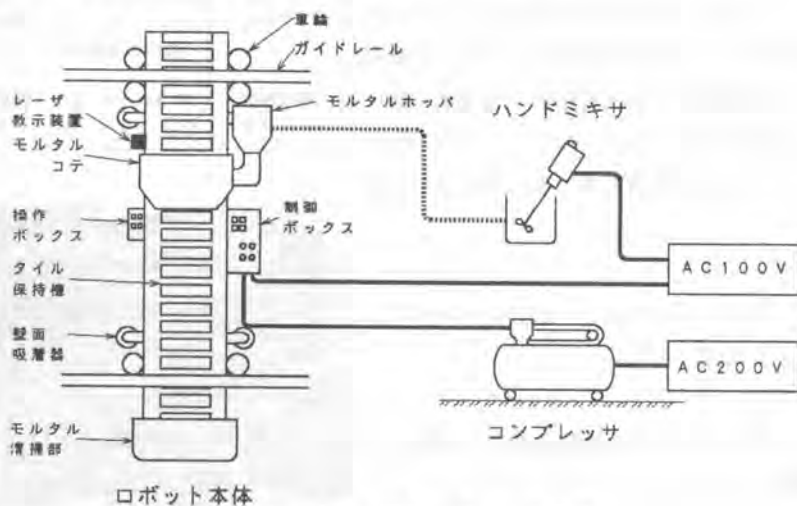


図-1 タイル張りロボットの構成

### ③ タイル保持器

オペレータが順次挿入した張り付けタイルを保持する。タイルを壁面に押し出す張り付けユニットは、この保持器内空間を移動しながら作業を行う。

### ④ 制御ボックス

張り付けタイル枚数、目地幅、目地割の種類（通し目地、破れ目地）、伸縮目地位置と目地幅などのタイル張り付け条件を設定する。また、ロボットの異常、故障を診断して表示する機能がある。

### ⑤ レーザ教示装置

躯体面の墨位置よりタイル張り付け作業開始点を読み取り、張り始め位置をロボットに教示する。

### ⑥ 簡易操作ボックス

モルタル塗り付け、張り付けなどの作業開始をロボットに指示する。非常停止ボタンもこのボックスに組み込んだものとしている。

### ⑦ 壁面吸着装置

他作業によりタイル張り付け中のロボットに衝撃が加わった場合でも、張り付け位置がずれないように、ロボット本体を躯体面に固定するものである。

### ⑧ モルタル清掃部

タイル保持器に付着したモルタルを除去するものである。

施工操作は、制御ボックス、および簡易操作ボックスの点滅したボタンにしたがって行うため極めて容易であり、初めてロボットを扱う作業員でも数時間程度でタイル張り付け操作ができ、現場において非熟練工がロボットを操作することが十分可能であると考えられる。

表-2 ロボットの性能

	ロボット施工	(参考値)
施工能力	14 m <sup>2</sup> /日	手作業 7 m <sup>2</sup> /日
施工精度	凹凸±1 mm以内 (長さ2 m区間)	業界仕様 凹凸±2 mm以内
接着強度 (材令28日)	6 kgf/cm <sup>2</sup> 以上 平均 10 kgf/cm <sup>2</sup>	建設省基準 4 kgf/cm <sup>2</sup> 以上

## 4. 試験結果および評価

### 4.1 性能評価試験

タイル張りロボットの性能を確認・評価するため、屋内に幅7.5m×高さ3.6mの模擬壁を設置し、タイル張り付け試験を行った。主な試験項目は、①施工能力、②施工精度、③接着強度、④垂直移動（階層間移動）時間である。試験結果から得られたロボットの性能を表-2に、ロボットによる施工タイル仕上げ面を写真-2に示す。

#### ① 施工能力

熟練技能工の約2人分である、施工能力14m<sup>2</sup>/日を有することが確認できた。

#### ② 施工精度

凹凸±1mm以内であり、熟練技能工と同等以上の品質が確保できた。

#### ③ 接着強度



写真-2 タイル施工仕上げ面

一般に市販されているプレミックスモルタルを用いて、塗厚3～5mm、つぶし厚1.5～2mmでの試験の結果、接着強度は6 kgf/cm<sup>2</sup>以上、平均10kgf/cm<sup>2</sup>であり、十分な接着強度が確保できることが確認された。

#### ④ 垂直移動時間

チェーンブロックを使用して、ロボットの階層間移動を行うのに必要な時間は15分程度（2人工）であり、ロボットの階層間移動が、作業上のネックにはならないと考えられる。

### 4. 2 現場実証試験

性能評価試験終了後、現場施工での適用性を確認するため、ハザマ技術研究所・音響電波実験棟外壁において、幅9m×高7.5m＝約67m<sup>2</sup>の壁面を対象とした現場実証試験を実施中である。現場実証試験の状況を写真－3に示す。



写真－3 現場実証試験状況

## 5. 今後の展開

これまで、開発三者から構成する「施工ロボット開発委員会」を全国タイル業協会内に設け、本委員会を主体に開発を進めてきた。今後、本ロボットの普及・展開を図るため、同協会内に「タイル張りロボット普及委員会（仮称）」を設置し、以下の業務を行う予定である。

#### 1) ロボットの普及促進

今後複数台のロボットを製作し、同協会各支部において、会員を中心としたロボットの使用計画を策定し、運用を図る。当面はリース方式を予定している。さらに、ロボット操作オペレータの育成を目的として、オペレータ研修を行い（一部実施済み）、研修終了者の登録を行う。

#### 2) 各種仕様書へのロボット張りの採用働きかけ

JASSなどの各種仕様書へ、ロボットによるタイル張り工法の採用を働きかけるとともに、諸官庁、設計者団体、ゼネコンへの採用を働きかける。

#### 3) 技術資料の作成とPRの実施

技術資料、パンフレット、PRビデオの作成を行うとともに、新聞発表などのPR活動を行う。

#### 4) ロボットの機能向上

ロボットを現場で使用するにつれて明らかになる課題や、小口平タイルや縦張りへの対応などのロボット機能向上に関する検討を行う。

## 6. あとがき

タイル張りロボット実用機を開発し、その性能や今後の普及・展開方策について概要を報告した。今後、本ロボットを多くの現場で使用することによって、ロボット機能の過不足がより明確になるものと思われるため、その時点でさらに完成度の高いロボットを実現させたいと考えている。