

40. 自律走行式床作業ロボットの開発

(株)大林組：竹本 靖・菱河 恭一
井上 康夫・汐川 孝

1. はじめに

建築現場における床面の仕上げ作業には、コンクリート打設作業後凝結状態に応じて表面を仕上げる直仕上げ作業、床表面に各種の仕上げ材を塗布するゴテ仕上げ作業、床のケレンや研磨そして清掃など、多くの作業がある。これらの作業は比較的単純ではあるが、人手中心に行われており、長時間にわたって中腰姿勢を続けるためかなり重労働である。このため早くから機械化や自動化が叫ばれてきた。

こうした要請から床面の仕上げ作業の一連の自動化を目標に「床作業ロボット」の開発に取り組み、その第一段として直仕上げ作業のロボット化を進めてきた。

本報では、その開発の経緯、開発ロボットの概要および適用結果について述べる。

2. 開発概要

2.1 床直仕上げ作業の現状

開発機の目標仕様を設定するため、床直仕上げ作業の現状について情報収集を行った。直仕上げ作業については、土間屋と称される専門の作業グループがあり、図-1に示す作業を主に分担している。その作業手順や方法については、明瞭な作業標準はなく、各グループごとに異なっているのが現状である。このため、この作業では以下のような問題がある。

- ① 品質のバラツキが大きい。
- ② コンクリートの凝結状態に応じて作業を行うため、冬期では作業時間帯が深夜になることがあり、また夏期では短時間に集中するなど労働条件が厳しい。
- ③ 長時間にわたって、腰を屈めて作業を行うため、作業者に腰痛を訴えるものが多い。
- ④ 新規の参入者が少なく、また熟練工も不足している。

2.2 開発の基本方針と進め方

床直仕上げ作業についての現状および問題点の把握からロボット開発の目標設定および制約条件の整理を行った。開発と設計上において、主に留意した点は以下のとおりである。

- ① 各種の床面仕上げ作業に適用できること。
- ② 現場における準備作業を極力少なくすること。
- ③ 作業強度の低下および省力化を図ること。
- ④ 仕上げレベルなど品質の安定化を図ること。

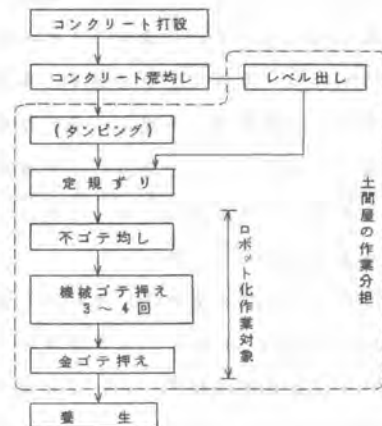


図-1 床直仕上げ作業手順（現状）

⑤ 操作が容易で、誰にでも使えること。

・なお、床直仕上げ作業のロボット化を進めるには、作業条件や技能についての定量的把握が不可欠であるが、これまでほとんど調査研究が行われてこなかった。このためロボットの開発を④予備調査（直仕上げ作業条件等の把握）、⑤回転式機械ゴテによる作業性能の確認、⑥走行や運転の自動化の三段階に分けて、その可能性を確認しながら進めた。

3. ロボットの概要

3. 1 基本構成と主な仕様

本ロボットは多くの床仕上げ作業に適用することを目指していることから、ロボットを自律走行機能を備えた走行台車部と作業機能を備えた作業装置部の2つに分けた分割型とした。走行台車部は各作業に共通に使用し、作業装置は作業ごとに取替える方式である。また現場における準備作業を軽減することから、小型・軽量化を図るとともに動力源や制御装置を搭載した自立性の高いものとした。開発したロボットの外観図および主な仕様を図-2、表-1に示す。

(1) 走行台車部

走行台車部は走行部、制御部、動力部（エンジン発電機）、位置計測装置、フレームおよびカバー（防音用）から構成されている。制御部には無線受信装置、サーボモータ制御装置および16ビットマイクロコンピュータが搭載され、位置計測装置とのデータ通信、走行台車の誘導および作業装置の制御を合せて行っている。また走行経路を発生する教示用コンピュータとのデータ転送も行う。走行台車はラジコンによるマニュアル運転および自動運転の両方が可能である。

(2) 作業装置

作業装置としては、現在4枚のブレードを持った回転ゴテ2組をそれぞれ反対方向に回転させて床面を仕上げるツイントロウエル装置を開発している。この装置は走行台車部とは別に動力用エンジンを搭載しているが、その回転数やエンジン停止、センサ類の制御は、走行台車側で行う。

3. 2 自律走行方式

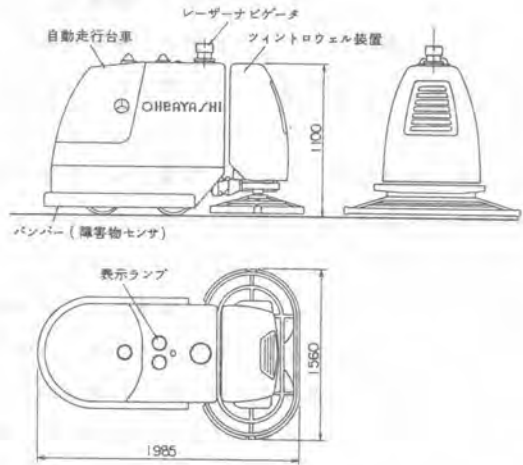


図-2 床作業ロボットの外観図

表-1 主な仕様

構成	ツイントロウエル・台車牽引式
性能	仕上げ能力：平均約500 m ² /h 走行速度：0～10 m/min 連続作業時間：4時間以上
制御	無線式マニュアルコントロール，全自動
センサー	開口部・障害物センサー
動力源	エンジン発電機搭載
外径寸法	(幅) 1,560×(長さ) 1,985×(高さ) 1,100(mm)



写真-1 建築現場への適用例

本ロボットでは、レーザ位置検出装置（レーザナビゲータ）を搭載し、ロボットの絶対的位置を検出しながら走行制御を行う自律誘導方式を採用した。レーザナビゲータは、レーザ光を水平方向に発信させながら一定速度で回転（垂直軸回り）させ、作業区域の外部に設けた基準点から反射された自分のレーザ光を読み取る。そして図-3に示すように3点以上のコーナキューブまでの角度を知ることにより、ロボット本体のX、Y座標と向きをリアルタイムで得ることができる。また、障害物等により、3点以上の基準点が得られない場合には、ロボットの内界センサにより走行を続け、レーザナビゲータによる検出ができる場所では、再び本装置による走行誘導を行う。レーザナビゲータの検出能力は50m程あるので、一度の基準点設定で広範囲の作業が可能である。図-4は、15×10mにおける予定軌道と実際の走行経路の1m間隔での誤差計測結果を示したものである。この方法による動的な位置決め制度は、約±10cm程度期待できる。

3.3 走行経路の教示

本ロボットの自動運転時の走行経路は、ロボットと別のコンピュータにより、作業区域の大きさ、コーナキューブの位置、ロボットの出発位置や障害物の位置を入力すると自動的に作成される。これをCRT上のグラフィックで確認し、ロボット本体にデータ転送する。なお、この走行経路データの保存や一部の修正も簡単に行える。

4. 現場適用

本ロボットをこれまで複数の建築現場に適用し、その性能の確認を行ってきた（写真-1参照）。

(1) 仕上り精度

床直仕上げ作業では、仕上り精度が最も重要な要求項目であるが、従来の方法と定量的に比較するために、写真-2に示すレーザ変位計を応用したレベル測定器を開発した。この装置は、1m間におけるコンクリートレベルを0.05mmの測定精度で自動記録できるものである。

これにより本ロボットによる仕上げ精度は、従来の人手によるゴテ押えおよび機械ゴテ押えに比較してバラツキが小さく良好な結果が得られることを確認した。その結果の一部を図-5に示す。

(2) 施工能率

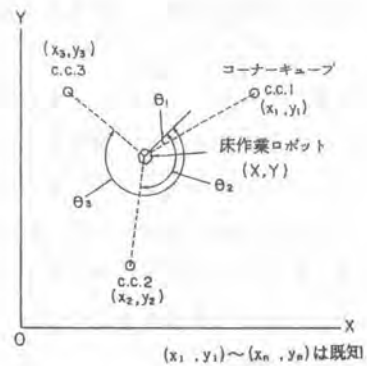


図-3 レーザナビゲータの原理

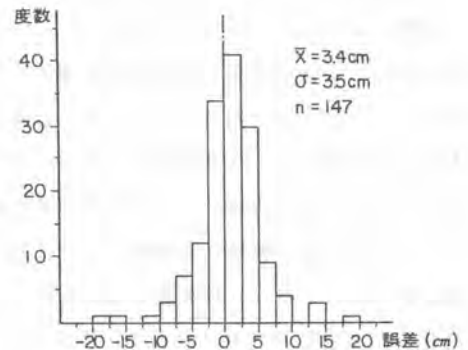


図-4 走行誤差

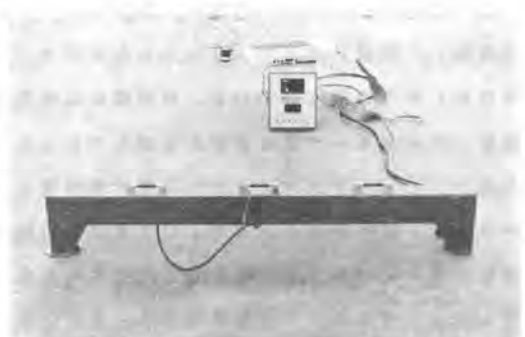


写真-2 レベル測定器

本ロボットによる施工能率について、いくつかのケースのタイムスタディを行い、平均で約 500㎡/hr の施工能率を持つことを確認した。前述のようにロボットの走行動作はいくつかの決まった動作パターンで構成されており、これらの動作パターン（要素動作）の所要時間は設定した走行速度で決まる。これらの要素動作ごとの時間データを収集して、事前に仕上げ作業時間を計算するソフトウェアの開発も行っており、作業計画に役立てている。

(3) 作業開始時期の判定

床直仕上げ作業は作業時期の判定が重要な問題であり、これまではコンクリートの硬化状態や表面水分量などに応じて判定する熟練工の経験や勘に頼ってきた。予備調査において、作業時期とコンクリート初期強度とは、図-6 に示す関係が見られたことより、写真-3 に示す簡易貫入抵抗試験器を作成し、作業時期を定量的に把握する方法を試みている。

5. おわりに

コンクリート床仕上げ作業のロボット化の一環として、まず直仕上げロボットへの適用を図ってきた。建築現場での試験施工を通じ、品質面や施工能率面で十分当初の目標を達成していることを確認した。今後、多機能化を目指して床の研磨、ケレン清掃などの仕上げ機能を追加していく予定である。

参考文献

- 1) 竹本、菱河、汐川他「大林組の建設ロボット」、ロボット No. 58, 日本産業用ロボット工業会、pp 46~52、1987
- 2) 竹本、井上、汐川「建設用ロボットにおける位置決め制御について」、第二回建築施工ロボットシンポジウム予稿集、日本建築学会材料施工委員会、昭和62年2月

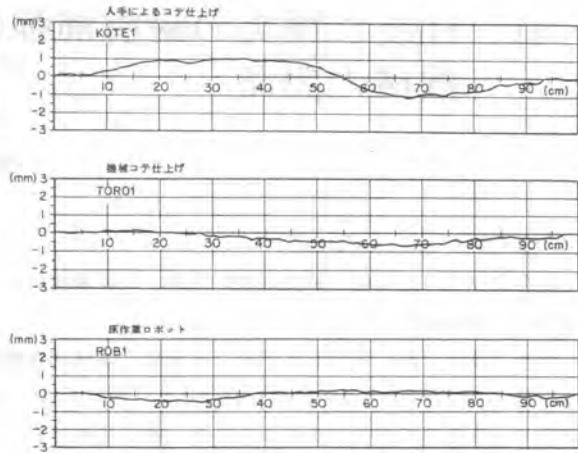


図-5 仕上げレベル測定結果



写真-3 簡易貫入抵抗試験器

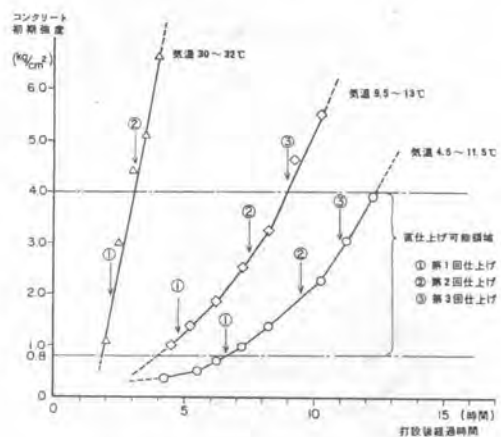


図-6 初期強度と作業時期の関係