

31. コンクリート床仕上げロボット(サーフロボ)の開発

(株)竹中工務店：*菊池 公男・大下 俊之・古田 周三・今井 崇賀

1. まえがき

「高齢化」、「熟練工不足」といった問題が、生産にたずさわるあらゆる業種において叫ばれて久しい。製造業においてはそれらの問題を解決すべく自動化、ロボット化がいち速く導入され、生産性の向上、コストダウンにまでつながった数多くの成功事例が見られるが、建設業ではその難しさも加わり、やっとロボット化が始まった段階と言えるに過ぎない。今回開発した「サーフロボ」は、コンクリート床の直仕上げ作業をロボット化したもので、昭和60年11月に試作機として完成し、現在各作業所での実施工を通じ、施工性の確認を行っている。

本報告書はサーフロボの概要、施工結果の一部について報告するものである。

2. サーフロボの要求性能の設定

表-2.1は、コンクリート床直仕上げ工事の現状調査結果をまとめたものであり、これに基づいてサーフロボの性能が設定された。

最も重要なのが仕上げ精度であり、熟練工なみか同等以上の精度が要求される。

表-2.2は、当社および日本建築学会標準仕様書における床仕上げ工事に対する唯一の標準値である。しかし、この値はレベル出しの時点で決定される値であって、仕上げ工事に入ってから修正はほとんど不可能である。そのため、サーフロボに対する要求精度は、標準値とは別個に設定される必要があり、我々は大きなうねりの中の小さな

凹凸の個数と振巾を熟練工の最終金ゴテと同等以上にするように設定した。

施工能率については、従来に対し2人の左官工の省人化の可能な能力として、100 m²/h(3回仕上げ)を設定した。サーフロボの要求性能をまとめたものが表-2.3である。



写真-1 サーフロボ

表-2.1 現状調査結果

| 項目 | 調査結果 | | | | | | |
|---------|---------------------------|------|------|---|-----|-------|----|
| 仕上精度 | マクロ ± 3mm/1m | | | | | | |
| | ミクロ | | | | | | |
| | 不可 | 悪 | 普通 | 良 | 普通 | 悪 | 不可 |
| | | -0.2 | -0.1 | 0 | 0.1 | 0.2mm | |
| 1日当延床面積 | 400 ~ 1000 m ² | | | | | | |
| 左官人員 | 4 ~ 10人 | | | | | | |
| 仕上面積 | 100 m ² /1人・1日 | | | | | | |
| 延左官作業時間 | 8 ~ 20時間 | | | | | | |

表-2.2 仕上がり平たんさの標準値

| コンクリートの 内装仕上げ | 平たんさ(凹凸の差)(mm) | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 日本建築学会 | 当社 | |
| | | 甲種 | 乙種 |
| 打放しコンクリート仕上げの場合。又は仕上げ厚さがきわめて薄い場合。その他良好な表面状態が必要な場合 | 3m につき 7以下 | 3m につき 5以下 | 3m につき 7以下 |
| 仕上げ厚さが7mm未満の場合。その他かなり良好な平たんさが必要な場合 | 3m につき 10以下 | 3m につき 8以下 | 3m につき 10以下 |
| 仕上げ厚さが7mm以上の場合。または下地の影響をあまり受けない場合 | 1m につき 10以下 | 1m につき 10以下 | 1m につき 10以下 |

3. サーフロボの概要

3.1 概要

図-3.1にサーフロボの概略を、表-3.1に主な仕様を示す。サーフロボは、「本体」、「制御盤」および「操作盤」より構成される。

4枚1組の羽根を左右の履帯のまわりにコンクリートの硬化度に応じた押付力で各々逆回転させ、コンクリート面を仕上げながら走行する。仕上げ羽根が左右の履帯回りを逆回転するため、回転トルクが相殺され、走行の直進性が確保でき、バランスのとれたロボットにすることができた。

また、このサーフロボは、操作性を考慮して、CFRP、アルミ材の採用による軽量化(130kg)、無線によるリモートコントロール化を計っているのも大きな特徴である。

表-2.3 サーフロボの要求性能

| 項目 | 要求性能 |
|------|-----------------------|
| 仕上精度 | ミクロ的:0.15mm以下 |
| 施工能力 | 300 m ² /h |
| 重量 | 110 kg |

表-3.1 主な仕様

| | | |
|-------------|-------|-----------------------|
| 本 体 | 寸 法 | 巾 1,980×長 1,050×高 970 |
| | 重 量 | 100 kg |
| | 走行速度 | 0~6 m/min |
| | 羽根回転数 | 0~50 rpm |
| | 羽根寸法 | 250×100×8枚 |
| | 羽根角度 | 6°~10° |
| 制 御 盤 | 寸 法 | 700×300×240 |
| | 重 量 | 30 kg |
| | 電 圧 | 3相 AC200V |
| 無 線 | 送信周波数 | 45 MHz |
| | 送信出力 | 微弱電波 |
| | 変調方式 | FM方式 |

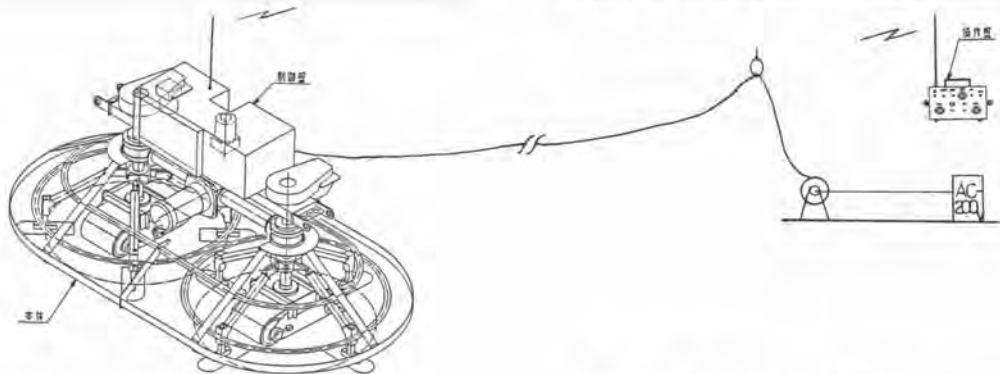


図-3.1 サーフロボ概要図

3.2 サーフロボの構成

3.2.1 本体

本体の走行は履帯式で、左右の履帯は各々独立に速度を制御することも可能である。方向転換は、8枚の羽根を反力にして上下用モーターにより本体を上昇させ、任意の角度だけ方向転換した後、着地して終了する。履帯には、最終仕上げ時のコンクリートの履帯への付着を防止するため、円錐台状の多数の穴をあけた他、履帯全体にキリ状に噴霧して適当な湿り気を与える等の工夫もされている。

仕上げ羽根の回転は、減速機付電動機より、ベベルギアで減速して左右の羽根を同時に回転させる構造としており、回転数は0~50r.p.mの可変速が可能である。コンクリートの硬化度に応じた角度と厚さを持った仕上げ羽根の使用により、高精度の仕上げ面が期待できる。羽根の交換は、迅速に行えるようにピン構造とした。

また、羽根押付力の調整は荷重センサーで押付力を検知し、羽根上下用モータにより常に設定押付力になるように制御される。

なお、本体の外周には、タッチセンサーが装備され、突起物、さし筋等への衝突を防止している。

3.2.2 制御盤

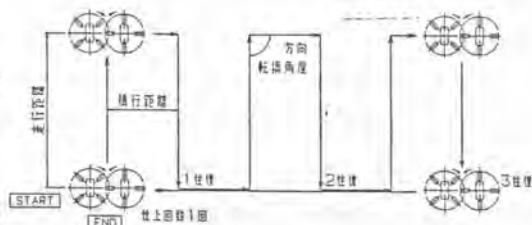
羽根回転モータ、羽根上下用モータ、走行用モータ、方向転換用モータ等の起動停止制御を行うもので、押付力を表示するためのデジスイッチ、羽根回転数調整ボリューム、履帯への噴霧スイッチ等も装備している。

3.2.3 操作盤

羽根の回転、走行、押付力、噴霧等の運転、停止、ボリューム調整を、無線操作するものである。

3.3 操作方法

サーフロボは、自動運転と手動運転が可能であるが、通常は自動運転で操作される。



図—3.2 自動運転方法

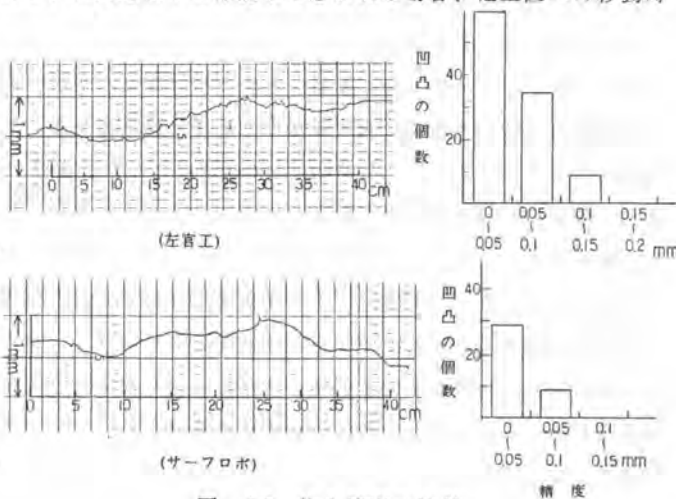
制御盤表面のデジスイッチにより自動運転条件として、1) 走行距離、2) 横行距離、3) 方向転換角度、4) 往復回転数、5) 仕上げ回数の5条件を現場の敷地に応じて任意に設定する。

サーフロボは、打ち込まれた設定条件の基に、図—3.2の走行パターン通りの動きを全て自動的に行う。このため、オペレータは、自動運転中は押付力の調整、左右走行に差が生じた時の調整だけを行えばよい。ただし、仕上げ場所が変形で、自動運転では非能率と思われる場合、他工区への移動時に手動運転方法が用いられる。

4. 施工結果

4.1 仕上げ精度

図—4.1は当社のA作業所における仕上げ結果の1例を示す。30cm(ピータイトルの寸法)内では、約1mm以内のうねりであり、問題とするうねりの中の小さな凹凸の個数と精度は、同図に示す通りである。当作業所は上物がじゅうたんであるため、さほど仕上げ精度は要求されず、部分的に0.15~0.2mmの仕上げ箇所も見られた。



図—4.1 仕上げ精度の比較

4.2 施工能率

図—4.2は、サーフロボによる仕上げ面積とサイクルタイムを示したものである。これをまとめると表—4.1になる。サーフロボによる仕上げで最も重要なことは、仕上げに入るタイミングの判断である。図—4.2を見て分かるように、A、E工区は4回仕上げをしているが、これは、3回目の仕上げに入る時期がやや早過ぎたため、要求仕上精度が得られず、さらに硬化させた後、4回目の仕上げをした状態である。

今回の施工結果より、1工区の仕上げ面積を100m²とした

表—4.1 (A)作業所施工結果

| | |
|------------|--------------------------|
| 総仕上面積 | 425 m ² |
| 開始～終了時間 | 817 分 |
| 稼働時間 | 334 分 |
| 移動時間 | 82 分 |
| 養生(修理含)時間 | 401 分 |
| 1回当りの仕上げ時間 | 19.6 分 |
| 総面積(稼働+移動) | 61.3 m ² /h |
| 人 工 | オペレータ:1人 左 官 工:2人 |
| 1回当りの仕上げ面積 | 142m ² /1人・1日 |

場合、1回あたりの仕上げ時間は移動時間を含めて約20分、それに要する人数はオペレータ1人、左官工1人で十分可能である。

4.3 操作性

(A)作業所は市街地に立つホテルで、敷地面積も狭く、約7m間隔に間切り壁用のさし筋で工区割されている上、階段回り、設備配



図—4.2 (A)作業所施工サイクルタイム

管用スリーブ等の突起物がある等、サーフロボにとっては必ずしも適した現場とは言えなかった。

しかし、作業所には、

①設備配管用スリーブを埋め込むことによって、フラットな床を形成した。

②サーフロボの水平移動のために、オペレータ側のさし筋を約1.5m抜いた。

以上の2点について配慮してもらい前項に述べた仕上げ精度、サイクルタイムを得る事ができた。

4.4 問題点と今後の対策

サーフロボは、昨年末試作機として完成したもので、これまで6ヶ月間に渡り延べ5000m²の実験施工を行った。その結果、特に夏場における施行速度に問題のあることが分かったが、これはサーフロボの足回りの問題を含めて実用段階での解決は容易である。また、ロボットというイメージからの駆動源としてキャブタイヤ、最終的に150kg弱になった重量は、機動性の面で欠けており、今後の課題として検討の余地が残されている。

5. あとがき

今回のサーフロボの開発は、土間専門業者に挑戦するような開発であった。数現場で専門業者と接触しながら実験施工を行ったが、当初は無線でトラブリ、足回りでトラブリの失敗の連続であった。その都度、彼らの強烈な批判をあげ、開発の苦しみを味わされた。一方では、重労働、深夜作業からの解放を期待する声も聞き、開発の必要性を痛感した。

最近、建設業において「ロボット化」が急ピッチで“試行”され、その成果が新聞発表されている。いずれも、ニーズ調査より比較的ロボット化しやすく、短期間で開発出来そうな作業を設定している。このため、システマティックなロボット化を避け、単作業的なロボット化が目立つ。今回のサーフロボもそのうちの1つであるが、このような開発は今後も、各ゼネコンから次々に発表されることであろう。しかし、これらは、開発した「ゼネコン」とそれを使用する「施工業者」とは全くの別会社であり、また施工業者が数社のゼネコンの下請けである場合の多い請負体制の下では、単にPRの為、他社に優位性を保つための開発に終わる可能性も秘められている。そうならないためには、各ゼネコンの努力はもちろん、今後ゼネコン同士の協力が最も重要になってくるのではないだろうか。それがゼネコンが生き残る1つの道でもあり、今始まったばかりのロボット化が、「来るべく21世紀の生産システム」へつながる道でもあるように思える。