

重量鉄筋配筋作業支援ロボット【配筋アシストロボ】の開発

清水建設(株) 正会員 ○大木 智明
(株)ATOUN 小西 真
(株)エスシー・マシーナリ 本保 裕文

1. はじめに

建設業では、高齢化による大量離職等により今後 10 年間で技能労働者が約 130 万人減少することが予測されている。このような中、必要な社会インフラを整備していくためには、生産性向上は喫緊の課題である。

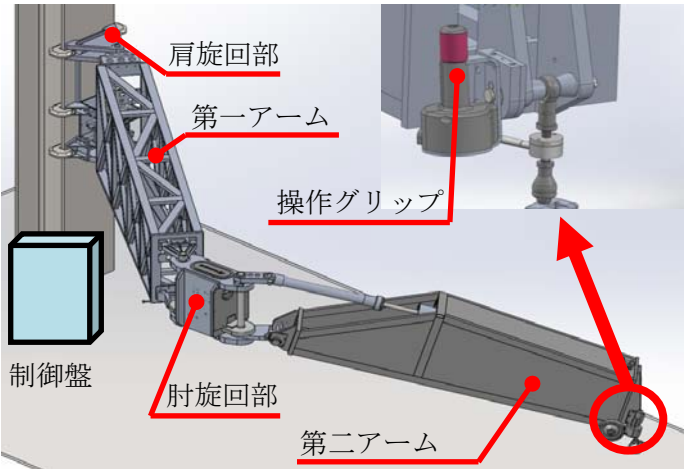
また、コンクリート工においては、近年の耐震化により鉄筋が太径化・高密度化し、鉄筋組立時の負担が増大している。さらに技能労働者の高齢化も相まって生産性が低下している。そこで、重量鉄筋の配筋作業に着目し、熟練技能労働者のコストを生かしながら作業負担を大幅に低減できる、人間の腕の動きを模した重量鉄筋配筋作業支援ロボット（配筋アシストロボ）（以下「本ロボット」という）を開発した。写真－1 に本ロボットを示す。



写真－1 本ロボット全景

2. 技術の内容

本ロボットは、人間の肩、上腕、肘、下腕、手にそれぞれ相当する 5 パーツと制御盤で構成されている。図－1 に構造概要を示す。サーボモータを採用しアーム関節をアシスト制御することにより、人間の腕に近い動作性を実現した。また、人力での運搬を可能にするため軽量化を図り 4 分割できる構造とし、各重量を約 40kg ～約 60kg に収めた。諸元を表－1、水平可動範囲を図－2、鉛直可動範囲図を図－3 示す。また、操作グリップ内には圧力センサーが内蔵されており、操作者の微妙な手の動きをも感知して本ロボットが動作するので、操作者の意のままに鉄筋を移動することができる（ハンドガイド方式）。さらに、鉄筋重量は本ロボットが負担するため、重量負担なく鉄筋の移動ができる。これにより、鉄筋組立時における苦渋作業からの開放と、人とロボットの協働作業が実現した。本ロボットは、配筋作業の省人化・省力化が図れ、安全性も向上し、労働環境の改善にも役立つ技術である。



図－1 本ロボット構造概要

表－1 本ロボット諸元表

定格荷重	250kg
作業半径	約 5.3m
揚程	約 2.0m
分割数	4 分割
入力電源	三相 AC200V
水平方向操作	操作グリップ式 (6 軸力学センサー内蔵)
上下方向操作	ボタン式(昇降スイッチ式)
肩関節軸	100W サーボモータ
肘関節軸	50W サーボモータ
昇降軸	750W サーボモータ

キーワード ロボット，鉄筋，アシスト，ハンドガイド方式，省人化，協働作業

連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設(株)土木技術本部 TEL:03-3561-3886

本ロボットは以下の特徴を持っている。

- ①力仕事は本ロボットが分担し，操作（ノウハウ）は人が分担することによる【人とロボットの協働作業の実現】
- ②【人間の腕のモデル化】により自らの腕のような直感的操作が可能
- ③【分解組立方式の採用と軽量化】により人力での組立・解体を容易に行うことが可能
- ④【サーボモータとアシスト制御の採用】によりなめらかな動作が可能

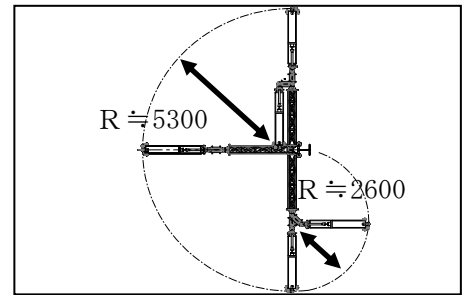


図-2 水平可動範囲図

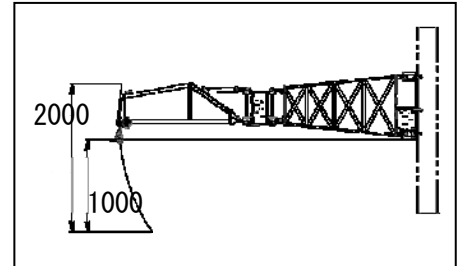


図-3 鉛直可動範囲図

3. 技術の効果

2つの現場に本ロボットを適用した。結果の一例を表-2に示す。適用結果を踏まえ、開発の効果を述べる。

①生産性向上

純粋な配筋作業の効率性を評価する指標として、一人が1分当たり組み立てた鉄筋重量を物的労働生産性（施工鉄筋重量/施工人数/施工時間）と定義し比較を行った。比較の結果従来比1.9～1.3倍の生産性向上がみられた。（施工労務費換算 従来比 0.5～0.8倍）

②省人化

長く重い鉄筋程効果が大きく、削減できた人員は他の鉄筋組立作業に従事できるため、施工効率が上がる。

③省力化

配筋時の鉄筋重量は、本ロボットが負担するため、人的負担はない。

④安全性向上・労働環境改善

鉄筋組立作業に必要な作業人員も取扱重量も減り、かつ自分で操作するため危険回避へのレスポンスもある。この結果、事故リスクが減り安全性が向上するとともに、重量物取扱い作業からも開放されるため、労働環境の改善につながる。

⑤機動的運用

持ち運びが人力で容易に行えるため、重量負担が大きい作業にピンポイントでの使用が可能である。

⑥人とロボットの協働作業実現により、高齢熟練者のノウハウを継続して活用できる。（体力が落ちてでも使える）

表-2 適用結果例

適用鉄筋：D51 4t (L=10m+6.5m 15セット)	本ロボット(A)	従来(B)	(A)/(B)
鉄筋組立時間(分)	120	150	0.80
鉄筋工数(人)	4	6	0.67
物的労働生産性 (施工量(kg)/(工数(人)×時間(分)))	8.33	4.44	1.88
一人あたり重量負担(kg)	0	28	
(参考) 準備・解体時間(分)	20+20	0	
準備解体を含めた物的労働生産性	6.25	4.44	1.41

4. 今後の展開

本ロボットの設置方法は、施工条件により変更が可能である。例えば移動用レールを事前に設置しておき移動式としたり、また自走式も可能である。建設分野以外でも、一般的な重量物の移動・設置作業に適用が可能であり、広い汎用性を持つ。今後、鉄筋組立工以外も視野にいれ、広く展開していく所存である。