

令和2年度 i-Construction 大賞  
i-Construction 推進コンソーシアム会員の取組部門 国土交通大臣賞 受賞

# 鉄筋組立自動化システム 「ロボタラス」の開発

三井住友建設株式会社 土木本部 土木技術部 課長 たけの い いさむ 竹之井 勇

## 1. はじめに

近年、少子高齢化に伴う担い手不足により、建設業においても働き方改革の推進や生産性向上への対応が必要となってきている。そこで、当社は i-Construction で掲げるトップランナー施策のうち、「ICT の全面的な活用」に着目した。そして、コンクリート構造物の施工においてボトルネックとなっている鉄筋組立作業の技術開発に着手し、鉄筋配置・結束作業において、ロボットアームを使用して自動で行うシステム「Robotaras™ (ロボタラス: ROBOT Arm Rebar Assembly System)」を開発した<sup>1)</sup>(写真-1)。

本システムの開発は、鉄筋の「配置および結束」作業の自動化に取り組んだ国内初の試みとなった。

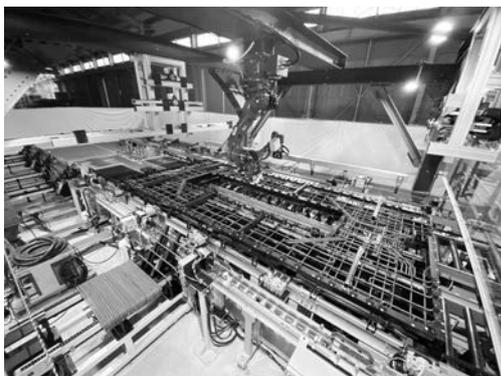


写真-1 鉄筋組立自動化システム「Robotaras™」

## 2. システム導入の対象工事

鉄筋組立自動化システム導入の対象には、配筋が比較的単純で、さらに工場にて大量製作される鉄道構造物の「軌道スラブ」を選定した<sup>2)</sup>(写真-2)。

対象工事の概要を以下に示す。

- ・工事名：九州新幹線（西九州）、  
武雄・大村間軌道スラブ製作運搬
  - ・発注者：独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
  - ・工期：平成29年11月24日～  
令和2年9月23日
  - ・製造枚数：11,933枚
- 軌道スラブは、当社の三田川PC工場にて「鉄



写真-2 軌道スラブ

筋組立（地組）、型枠への鉄筋配置、コンクリート打設・養生、仮置き」という施工サイクルで製作していた。

鉄筋組立作業は、鉄筋位置が溝切りされた架台へ鉄筋を作業員により1本ずつ配置し、その後、鉄筋を結束する方法で実施されており、作業員約20人にて1日当たり31枚分の組立作業を行っていた（写真-3）。

軌道スラブは長辺4.9m、短辺2.22m、厚さ0.19mで中央に孔の空いた板状構造である。図-1に示すとおり、軌道スラブの配筋は、上筋と下筋の2段配筋で構成され、両端がフック加工された鉄筋（D13）を格子状に配置する構造である。これに加えて、突起部や孔空き部付近には曲げ加工された補強鉄筋が配置されている。



写真-3 従来の手作業による鉄筋組立

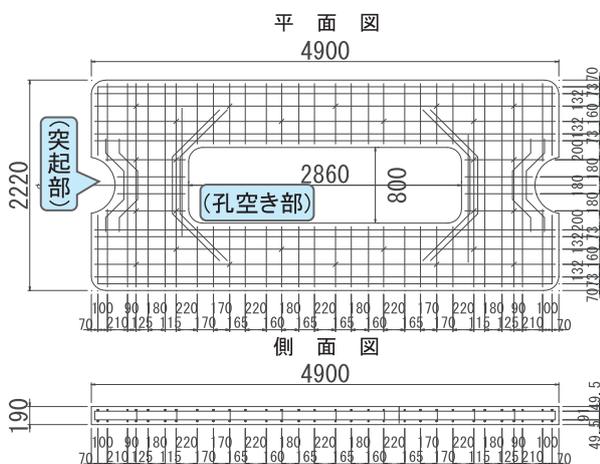


図-1 軌道スラブ配筋図

### 3. 動作確認試験

システム導入の前段階として、事前に鉄筋組立動作の確認試験を行った。本試験では軌道スラブの長辺と短辺の鉄筋架台を1箇所ずつ再現し、ロボットアームを中央に配置して鉄筋配置動作と鉄筋結束動作の確認・検証を行った。ロボットアームでの鉄筋組立作業が可能であることを確認し、三田川PC工場へのシステム導入につなげた。鉄筋配置動作と鉄筋結束動作の詳細を以下に示す。

#### (1) 鉄筋配置動作

鉄筋を所定の位置に配置する動作では、ロボットアームの先端に鉄筋保持治具を接続するシステムとした。鉄筋保持にはチャック式を採用し、鉄筋を掴む動作から正規位置へ配置する動作まで確認した。

また、今回の対象構造物である軌道スラブの鉄筋配置動作では、長さ約0.7mから約4.8m（計4種類）の格子用鉄筋を保持する必要があることから、鉄筋保持間隔の検討として、鉄筋たわみ試験を実施した。その結果、格子用鉄筋の長さに応じて2～4点で鉄筋を保持することにより、保持中の鉄筋のたわみを抑え、精度よく正規位置に配筋できることを確認した（写真-4）。

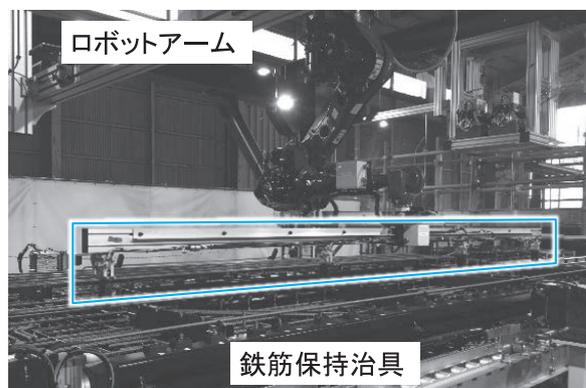


写真-4 三田川PC工場での鉄筋配置状況

(2) 鉄筋結束動作

配置した鉄筋同士の交点を結束する動作は、市販の鉄筋結束機をロボットアーム先端に接続するシステムとした。鉄筋結束機は、機械内にロール状の結束線がセットされており、結束位置に機械を設置してスイッチを押すことにより、結束線が飛び出し鉄筋同士を自動的に結束する機械である。

動作確認試験では、鉄筋結束機による結束の衝撃がロボットアームに与える影響の有無を確認した。その結果、結束時に鉄筋を引き込む際の衝撃がロボットアームへ伝達することが分かった。そのため、鉄筋結束機とロボットアームとの接続部に、バネを利用した緩衝治具を組み込むことで、結束時の衝撃をバネに吸収させロボットアームへの影響を軽減させる構造とした（写真－5）。



写真－5 三田川 PC 工場での鉄筋結束状況

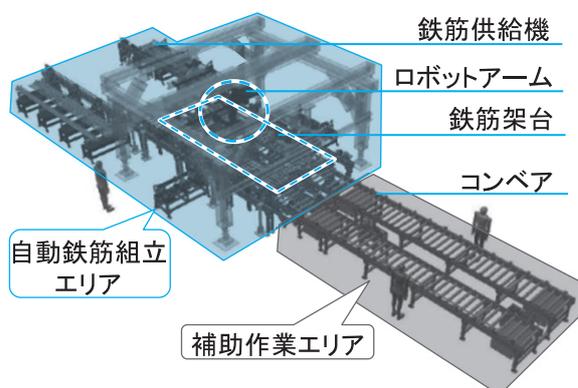
4. 軌道スラブへの本システム導入

(1) システム概要

今回、鉄筋組立の効率を考慮して、軌道スラブ鉄筋全体重量（287.5 kg/枚）の75%を占めている長短4種類（800 mm, 2,310 mm, 4,930 mm, 4,990 mm）の格子用鉄筋の組立を自動化し、複雑な加工形状である幅止め筋や補強筋は、手動で組み立てる方針とした。

本装置は、長さ約20 m、幅約6 mであり、エリアを「自動鉄筋組立エリア」と「補助作業エリ

ア」に区分けした（図－2）。「自動鉄筋組立エリア」では、ロボットアームにより自動配筋・結束を行った。「補助作業エリア」では、補助作業員2人により、補強筋の組み立てや配筋確認等の補助作業を行った。また補助作業員は、自動鉄筋組立エリア内の鉄筋供給機への加工鉄筋の補充、鉄筋結束機へのワイヤ充填作業なども行った。システムの全周には安全装置（侵入防止装置）を設置し、ロボットアームと作業員との混在作業を防止して作業の安全性を確保した。



図－2 三田川 PC 工場でのレイアウト概要

① ロボットアームについて

可動半径約2 mのロボットアーム1台を効率的に稼働させるため、ロボットアームは自動鉄筋組立エリア中央に天吊り固定した。アームの下に鉄筋架台を載せたコンベアを設置し、組立位置に応じて鉄筋架台をロボットアームの可動半径内へ移動させることで、軌道スラブ全体を配筋・結束できるシステムとした。鉄筋の配置・結束位置の認識は、ティーチング（プログラミング：全362点）にて1箇所ずつ認識させた。

② コンベアについて

コンベアは、鉄筋架台を自動鉄筋組立エリアと補助作業エリア間で移動させる役割を持つ。ロボットアームのティーチング位置と鉄筋架台位置がずれないように鉄筋架台の正規位置を固定するため、前後左右の4方向にストッパーを設置した。

③ 鉄筋供給機について

鉄筋の供給は、コンベアの両脇に設置した鉄筋供給機により鉄筋を1本ずつ送り出し、鉄筋用コンベアにてロボットアーム可動範囲内まで運搬させるシステムとした。

④ 鉄筋保持治具と鉄筋結束機について

鉄筋保持治具と鉄筋結束機は、ロボットアームの可動半径内に設置したラック型置き場に格納させた。ロボットアームは、組立状況に応じて鉄筋保持治具と鉄筋結束機を自動で着脱交換するシステムとした。鉄筋結束機は2台設置し、一方の鉄筋結束機の結束線を消費したときは、システムが自動で検知し、もう一方の鉄筋結束機に自動着脱して結束を継続させるシステムとした(写真-6)。

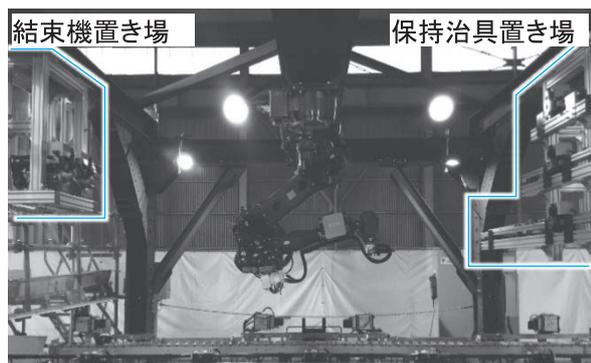


写真-6 鉄筋保持治具と結束機の設置

(2) 鉄筋組立のフローについて

本システムでの鉄筋組立手順は、まず「自動鉄筋組立エリア」にて下筋の配置・結束を自動で行い、下筋組立完了後、鉄筋架台がコンベアにて「補助作業エリア」へ移動する。「補助作業エリア」では、補助作業員による組立状況の確認と補強筋の組立を行う。その後、再び「自動鉄筋組立エリア」へ鉄筋架台が移動し、上筋の配置・結束を自動で行う。

上筋配筋完了後は「補助作業エリア」に鉄筋架台が移動し、補助作業員による補助的な結束と全体の組立状況を確認して、組立完了となる(図-3)。組み立てた鉄筋は、門型クレーンを用いて鉄筋仮置き場へ仮置きし、その後コンクリート打設エリアへ移動する。

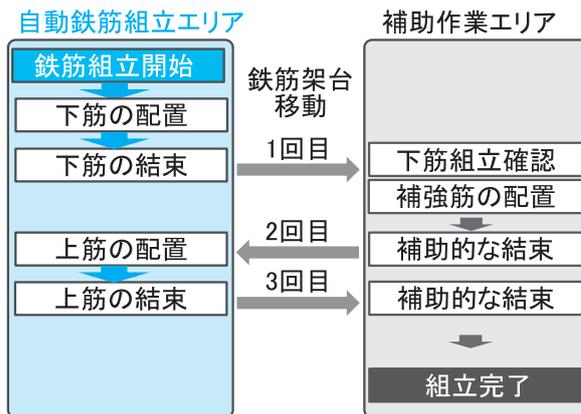


図-3 本システムの軌道スラブ鉄筋組立フロー

(3) 導入の効果

今回のシステムでは、補助作業員2人のみで軌道スラブの鉄筋を120分/枚で組立可能であり、また連続稼働検証期間20日で計74枚分の鉄筋を組み立てることができた。組み立てた鉄筋は、従来の作業員による組立と比較しても配置精度・結束精度ともに遜色がなく、品質に問題がないことを確認した。

また、配置精度や結束精度に問題がないことを今回確認したため、今後は補助作業員による配置・結束状況の確認時間等の省略により、100分/枚で組立可能となると考えている。その結果、従来の手動組立と比較して、作業員1人当たりの1日に組立可能な枚数が約50%増加し、生産性向上が期待できる(図-4)。

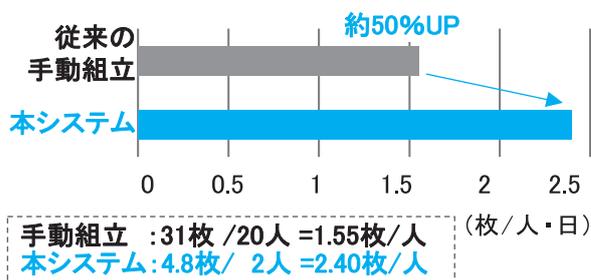


図-4 本システムの導入効果

## 5. おわりに

本システムの導入・稼働により、今後改良していくべき以下の課題を確認できた。

- ・今回のシステムでは、「自動鉄筋組立エリア」と「補助作業エリア」とのエリア間移動が生じていた。今後は、ロボットアームが連続的に稼働しエリア間移動が生じないように、ロボットアームの増設や各工程の連動などのレイアウト検討、スピードアップなどのシステム改良が必要である。
- ・ロボットアームによる鉄筋配置時、鉄筋加工精度により鉄筋が鉄筋架台に収まらないことがあった。その結果、ロボットアームがエラー認識しシステムが停止することがあった。その都度補助作業員により修正作業をする必要が生じた

ため、鉄筋の加工精度に対応できる架台構造の検討が必要である。

- ・今回のシステムでは、ティーチング作業に多くの時間と手間がかかったため、今後は他のICTと融合させ、作業時間の削減に取り組んでいく。今後は、ロボタラスの更なる施工精度および自動化率の向上と作業速度の上昇を図り、高速道路会社発注の大規模更新事業（床版取替工事）や建築構造物のプレキャスト部材などへの活用を進め、更なる生産性向上へつなげたい。

### 【参考文献】

- 1) 竹之井勇, 他: ロボットアームを使用した鉄筋組立自動化システムの開発, 第28回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2019.11
- 2) 二宮健, 他: ロボットアームを使用した鉄筋組立自動化システムの実用化, 第29回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2020.10



ホームページにて動画を公開しています。

QRコード



開発担当者

- 左: 岡本 菜里 (構造技術グループ)  
 中: 竹之井 勇 (構造技術グループ 課長)  
 右: 水田 武利 (土木DX推進グループ長)

