



鉄筋組立自動化システム

「Robotaras® II (ロボタラス® II)」

—PC床版の鉄筋供給・配置・結束作業を自動化—

三井住友建設株式会社 土木本部 土木技術部 構造技術グループ 課長

竹之井 勇

① はじめに

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、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た。そして、国内初の試みとしてロボットアームを用いた鉄筋の供給・配置・結束の一連作業を自動化で行うシステム「Robotaras® (ロボタラス® / ROBOT Arm Rebar Assembly System)」を開発した。本システムは、令和元年度に鉄道構造物の「軌道スラブ」へ導入し、今年度に高速道路リニューアル工事の取り換え用床版である「PC床版」へ導入した。本稿ではPC床版に適用したロボタラスIIについて報告する(写真1、写真2)。

② システム導入の対象工事と鉄筋形状変更

ロボタラスII導入には、配筋が比較的単純で、さらに近年需要が高くなってきている「高速道路リニューアル工事」の取り換え用床版である「PC床版」を選定した。対象工事の概要を表1に示す。今回製作したPC床版は長辺九・七二m、短辺一・七五m、厚さ〇・二五mの板状構造である。PC床版の配筋は、橋軸方向(短辺)にループ形状の鉄筋(以下、ループ筋)を一五〇mmピッチで配置し、その内側に直線形状の橋軸直角方向筋(長辺)を配置する構造である(図1)。



写真1 ロボタラスII全景



写真2 PC床版

表1 工事概要

工事名	中国自動車道(特定更新等) 中国池田IC~宝塚IC間橋梁更新工事
発注者	西日本高速道路株式会社 関西支社
工期	令和3年(2021年)1月15日 ~令和6年(2024年)9月30日まで
製造枚数	工事延長 L=7.4km ・PC床版総枚数:3162枚

ロボタラスIIは対象工事のうちの川西高架橋に適用
・PC床版総枚数:1140枚

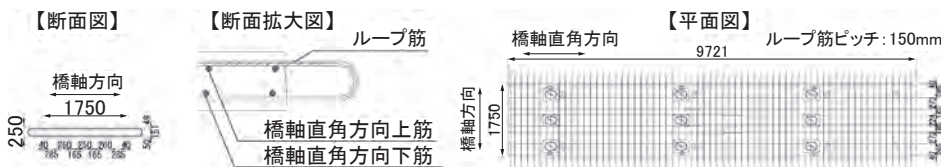


図1 PC床版配筋図(一例)

当初の設計では図2に示す通り、ループ筋は分割されたU字型の鉄筋を二本つなぎ合わせた後、ループ筋の内側に橋軸直角方向筋を挿入する構造となっていた。しかし、当初設計の閉ざされたループ筋形状では、橋軸直角方向筋をロボットアームで配置することが困難であった。

そこで、ロボットアームによる鉄筋組立を可能とするためにループ筋を「上面に開口のあるU字型鉄筋」と「重ね継手長を確保した直線鉄筋」にて構成する形状に変更した。その結果、ロボットアームにて、U字型ループ筋を配置した後(①)、橋軸直角方向筋を上面開口部より挿入・配置・結束し(②)、最後に直線鉄筋を配置・結束する(③)手順で鉄筋組立を実施でき、ロボタラスによる橋軸直角方向筋の組立が可能となった。

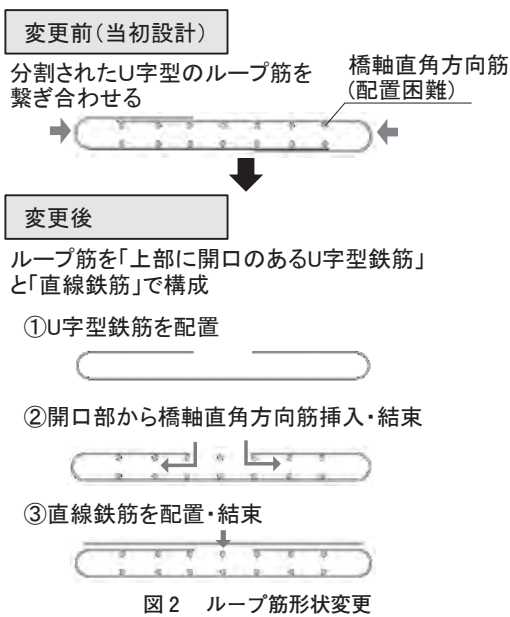


図2 ループ筋形状変更

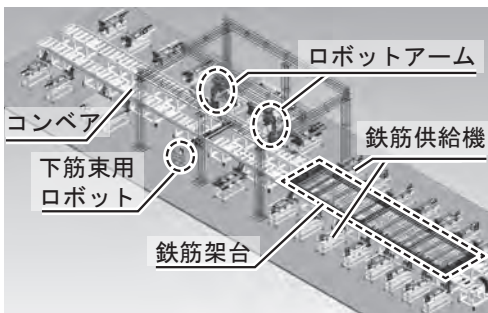


図3 ロボタラスIIレイアウト図

3 システムと各装置について

1 システムの概要

ロボタラスIIは、PC床版一枚の鉄筋重量(補強筋などを除く)一〇八二kgの八五%に当たる九一六kg(鉄筋種類・二二種類、本数・二四二本/枚、結束個所数・九四箇所/枚)の鉄筋を、PC床版の鉄筋配置位置が溝切りされた「鉄筋架台」内に配置・結束する方法で組み立てていく。

装置は長さ約三〇m、幅約八・三mであり、装置中央部には「ロボットアーム」二台を天吊り固定、さらに下部には「下筋結束用ロボット」を設置した(図3)。

鉄筋の配置・結束作業は、ロボットアーム先端の機械式接続部に、配置用の治具「鉄筋保持治具」と市販の「鉄筋結束機」を交互に自動着脱して実施する。ロボットアームの配筋・結束などの各動作や作業速度などの設定は、専用の

コントローラを用いて一動作ずつ設定(ティーチング)し、装置にロボットアームが近接する箇所では、安全に配慮して動作速度を落とす設定とした。鉄筋保持治具の保持方法には

チャック式を採用し、鉄筋を掴んでから正位置へ配置するまで確実に保持する。鉄筋結束機は、スイッチを押すと自動で結束線が飛び出し鉄筋を結束する機械を採用した。また、ロボットアーム一台当たり結束機を二台用意し、ロボットアームは接続している結束機の結束線消費を自動で検知すると、もう一台の結束機へ自動着脱する。

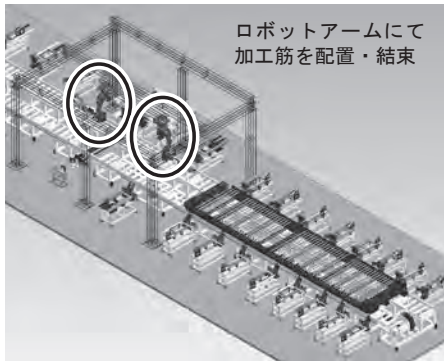
ロボットアームと下筋結束用ロボットの間に鉄筋架台を載せたメインコンベアを設置し、組立位置に応じて鉄筋架台をロボットアームの作業半径内へ移動させることでPC床版全体を配筋・結束できるシステムとした。また、コンベア外周には、橋軸方向と橋軸直角方向の加工形状に応じた二種類の鉄筋を供給する「鉄筋供給機」を設置した。

鉄筋架台への鉄筋の配置や上筋の結束は二台のロボットアームで行い、下筋の結束は下筋結束用ロボットで分担して実施することで作業の効率化を図った。

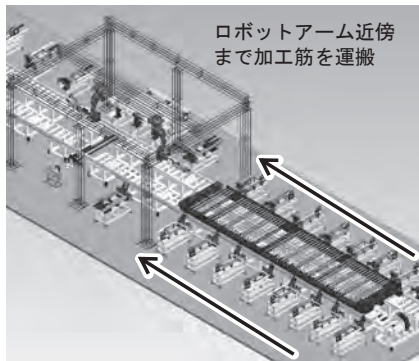
補助作業員二名は、本システムによる自動組立完了後に補強筋や狭隘部など残りの鉄筋の組立、鉄筋供給機への加工筋の補充、鉄筋結束機への結束線充填などを行う。

2 ロボタラスII稼働の流れについて

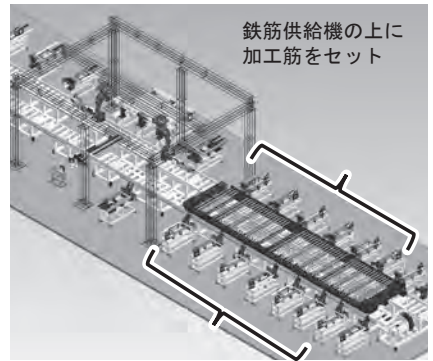
ロボタラスII稼働の流れは以下の通りである。まず事前に補助作業員にて鉄筋供給機の上に加筋をセットしておく。その後装置を稼働すると、鉄筋供給機が鉄筋を一本ずつ供給する(図4)。供給された鉄筋はメインコンベアの両脇に設置し



ロボットアームにて加工筋を配置・結束



ロボットアーム近傍まで加工筋を運搬



鉄筋供給機の上に加工筋をセット



(鉄筋結束機)



(鉄筋保持治具)

図6 ステップ3：配置・結束



図5 ステップ2：鉄筋運搬

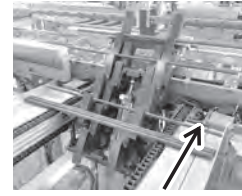


図4 ステップ1：鉄筋供給

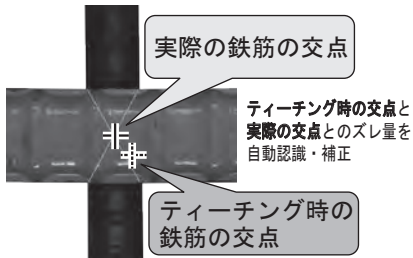


写真3 三次元カメラとモニタ映像

た「鉄筋運搬用コンベア」にてロボットアーム稼働半径内へ運搬される(図5)。その後、ロボットアームが鉄筋保持治具と鉄筋結束機を交互に自動着脱することで上筋および下筋の配置・上筋の結束をする(図6)。下筋の結束はx、y、z方向に移動可能な下筋用結束ロボットにて実施する。

3 結束作業の精度向上について

鉄筋架台へ配置した鉄筋の結束位置は、鉄筋架台溝切部内での配置位置のズレや鉄筋加工形状誤差により、タイピング時の位置とわずかにズレる場合がある。このわずか数ミリのズレにより、鉄筋結束機の先端部分と鉄筋が衝突し、衝撃がロボットアームに伝達してエラーを生じることが懸念された。そこで、鉄筋結束精度向上のために「三次元カメラ」をロボットアーム先端に接続した。三次元カメラで撮影すると、画像から実際の鉄筋交点位置とタイピング位置とのズレの有無を自動認識する。その後、ズレ量分をロボットアーム

4 導入の効果

今回のシステムにより組み立てた鉄筋は、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・結束強度共に遜色がなく品質に問題がないことを確認できた。

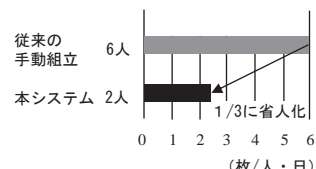


図7 省人化の比較

が自動移動することで、確実に、また高精度に鉄筋を結束することが可能となった(写真3)。

5 おわりに

ロボタラスの稼働に当たり、タイピング作業に多くの時間と手間がかかった。今後は他のICTと融合し、3D配筋図を自動で読み込むことで、現場でのタイピング作業の省力化・省人化を図る開発に取り組んでいく。

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、建築構造物や水路構造物など多くのプレキャスト部材への活用を進め、更なる生産性向上に繋げたい。

参考文献

岡本菜里「鉄筋組立自動化システム」『Robotaras® II (ロボタラス® II)』、『土木施工』VOL.63 No.1, pp.95-98, 2021.11