

VI-314 地中連続壁工法「鉄筋籠 自動溶接ロボットシステム」の開発と運用

清水建設（株）： 正会員 ○渡辺 俊雄、同 菊池 雄一、尾之内 和久

1. はじめに：

近年、土木工事は急速な高度化・複合化・大型化の傾向にある。この中でも土留め工事ならびに建築基礎工事は、大断面・大深度・大量施工等の大型工事化が顕著に進行している。大規模な土留め工事・基礎工事で広く採用されている工法のひとつに地中連続壁工法が挙げられるが、地中連続壁の施工規模がより大型化するのに対して、鉄筋籠の製作については従来どおりの人力で行われるという低能率作業のままである。

そこで、筆者らは地中連続壁工法のうちの、鉄筋籠製作作業を自動化させた『鉄筋籠自動溶接ロボットシステム』を研究開発した。産業用多関節ロボットを中心として構成されている本システムは、地中連続壁の鉄筋籠製作作業における省力化を目指し、鉄筋籠製作時の安全性・作業能率、および品質管理の向上を目的として研究開発したものである。

この『鉄筋籠自動溶接ロボットシステム』の研究開発は、平成6年に初めて地中連続壁工事の実施工に採用され、鉄筋籠製作時の大幅な省力化や、単純な連続作業より生じる苦渋作業からの作業員の解放、溶接不良発生の防止、および作業の安全性の向上が確認された。

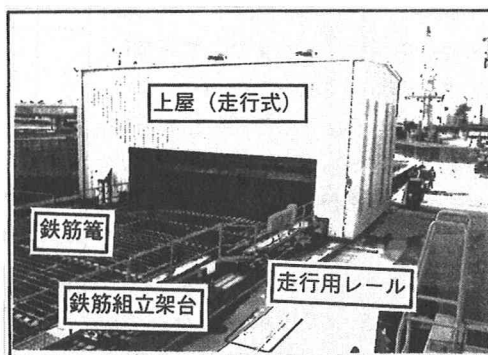
2. システム概要：

【システム構成】（写真－1、2、表－1）

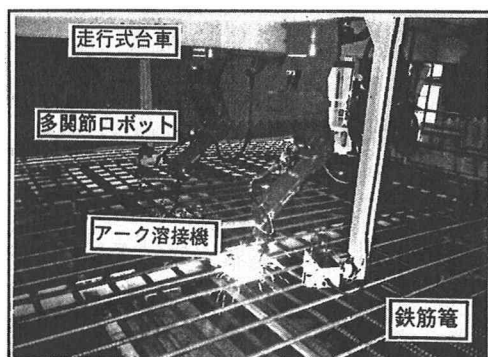
『鉄筋籠自動溶接ロボットシステム』の構成は産業用多関節ロボット・アーク溶接機・ロボットを懸架する台車・ロボット等を風雨から保護するための上屋（幅8.5m×長さ14.7m×軒高7.3m）・鉄筋組立架台より構成されている。アーク溶接機は溶極式ガスシールドアーク溶接法を採用しており、多関節ロボットの先端に取り付けられている。ロボットは6自由度垂直多関節型であり横行可能な台車に懸架されているため、製作する鉄筋籠の短辺方向に連続移動および作業ができる。また、台車および上屋は鉄筋籠の長辺方向に連続移動が可能のようにレール走行式となっている。このように、システムが短長辺方向に連続移動可能になったことにより、製作する鉄筋籠に点在する点付溶接箇所を全てを網羅することができる。また、ロボットを懸架する台車内のガーダは上下可動式であるため、厚さが最大2.4mまでの鉄筋籠の製作が可能である。

【システムの動作手順】（図－1）

本システムの動作手順は、鉄筋配置・溶接箇所の探査（センシング）・溶接の基本的な作業の繰返しである。溶接箇所の探査と溶接作業には熟練作業員が予め実践して作業内容をロボットに教示（ティーチング）し、反復動作を自動的に行わせ（ティーチングプレイバック）電流値・溶接時間をパターン化して標準化に努めた。また、探査時間を短縮して、サイクルタイムを向上させるため鉄筋配置の定規架台を精度良く製作し、鉄筋配置箇所にはノッチを施した。

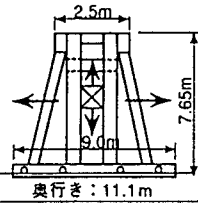
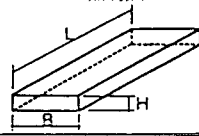


写真－1 システム全景



写真－2 多関節ロボット

表-1 「鉄筋籠自動溶接ロボットシステム」システム仕様一覧

	多関節ロボット	溶 接 機	台 車	鉄筋籠製作可能サイズ
仕 様	構 造：垂直多関節形 (6自由度) 天吊り仕様 駆動方式：ACサーボモータ 可搬重量：6kg 本体重量：180kg 位置繰返精度：±0.1mm 平均消費電力：1.5kW	溶接方式： CO ₂ アーク溶接方式 (タッチセンサ方式) 溶接芯線：φ1.2mm ソリッドワイヤ 溶接電流：max250A		B ≤ 8.0m H ≤ 2.4m L：無制限 
数 量	2 機	2 台	1 基	—

3. システムの効果：

ここでは、本システムを地中連続壁工事の実施工に採用した（平成6年）ときの施工能率や溶接箇所の状態を調査した結果を報告する。当現場では、本システムによる鉄筋籠製作と従来の人力による製作作業を平行して行ったため、双方の比較で鉄筋籠製作における本システムの高能率化・有効性が確認できた。

【製作対象鉄筋籠概要】

適用する鉄筋籠は1エレメント(先行)のサイズが長さ70m・幅8m・厚さ2.4mである。（製作数量：先行15基）

製作する鉄筋籠の鉄筋は、鉛直方向（縦筋）がD38、水平方向（横筋）がD29を使用しており、フレーム材には「200・L-75」を使用している。1エレメントあたりの溶接箇所数は4000箇所以上であり、鉄筋同士の溶接が約60％・フレームと鉄筋の溶接が約40％の比率である。

【システム採用効果】（表-2）

コンピュータによる反復作業である本システムは全天候型であるため、鉄筋籠製作作業の工程管理や品質管理が容易になり、信頼性の高い鉄筋籠製作が可能であることが判明した。また、配筋上での作業員の作業や、足場等での上下作業・高所作業が大幅に減少し、安全性の向上にも優れた効果を発揮した。

1エレメントあたりの鉄筋籠製作作業の製作日数・人工数について、従来の人力製作と本システムによる製作を比較した結果、製作日数は双方とも5日程度であるが、本システムによる製作は人力施工の45％程度の延人工数であることが明らかとなった。表-2に鉄筋籠製作における能力比較を示す。

また、溶接箇所の品質確保としては、鉄筋母材への影響を引張試験で強度・伸びを確認した。

表-2 鉄筋籠1エレメントあたりの作業人員比較

鉄筋籠寸法 (1エレメントあたり)	長さ70.0m×幅8.0m×厚さ2.4m		
鉄筋籠重量 (1エレメントあたり)	100.0t (鉄筋70t＋フレーム30t)	溶接箇所数 (1エレメントあたり)	4,000箇所(点溶接)
	『自動溶接ロボット』		従来の鉄筋工による作業
延作業人員	18人		40人
比 率	0.45		1.0

4. 今後の研究計画と課題：

本システムを実施工に採用したことにより、鉄筋籠制作時の安全性・作業能率および品質管理の向上を目的として開発した本システムの優れた効果が実証された。今後の課題としては、数多くの実施工を通じて、ティーチングの簡素化やセンシングの迅速化、多関節ロボットや台車・上屋の走行スピードアップ等のシステムの高速化をはかり、鉄筋籠製作の工程短縮をはかる所存である。

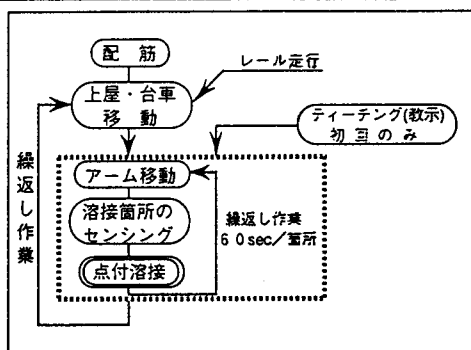


図-1 システム基本フロー