

(VI - 19) 地中連続壁工法における“鉄筋籠自動溶接ロボットシステム”の導入とその効果

清水建設(株) 正会員 尾之内 和久, 菊池 雄一

1. 概 説

近年の土木工事は社会のニーズを反映して、その施工規模が大型化・複合化する傾向にある。特に地中連続壁は、立坑・地下タンク等の地中構造物の側壁や、建築物の基礎として利用範囲が拡大している。実際に、現在施工されている地中連続壁のなかには、掘削深度100m・壁厚2m・施工延長500mをそれぞれ越えるような大規模施工が増えている。

鉄筋コンクリート製地中連続壁の施工は、専用掘削機で地盤を縦方向に掘削後、溝内に鉄筋籠を挿入し、コンクリートを打設して行く。掘削深度が深い場合は、その掘削精度に高度な管理水準が要求されるため、掘削精度管理や掘削時の安定液管理についてはその管理システムが実用化されており、施工品質の確保や作業の省力化・安全性の向上に優れた効果が認められている。しかし、鉄筋籠の製作に関しては、鉄筋籠が大型化・重量化の傾向を呈しているにもかかわらず、鉄筋工や溶接工が手作業で製作しているのが現状である。

そこで筆者らは、現在の鉄筋籠製作作業における低能率作業を改善し、作業の省力化・工期の短縮化・安全性の向上・品質管理の向上を目的とした“鉄筋籠自動溶接ロボットシステム”を開発した。(写真-1,2)

筆者らは、このシステムを平成5年に実際の地中連続壁工事に導入した。その結果、本システムが鉄筋籠製作作業の省力化や品質管理、および製作時の安全性の向上などに効果的であることが判明した。

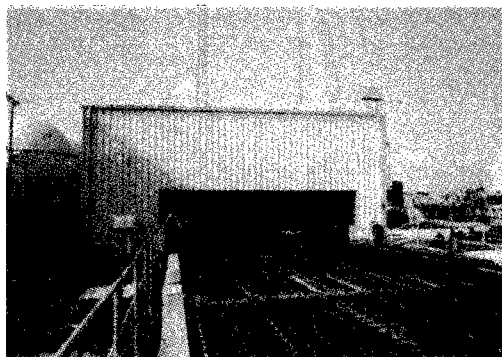


写真-1 システム全景

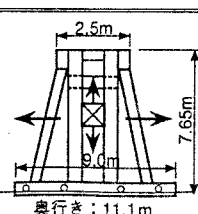
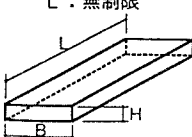


写真-2 多関節ロボット

2. システム概要

(1) システム構成: “鉄筋籠自動溶接ロボットシステム”は、①2機の産業用多関節ロボット(6自由度)、②2台のアーク溶接機、③ロボットを懸架する台車(門型クレーン)、④ロボットを風雨から保護する自走式上屋、⑤鉄筋組立架台で構成されている。システムを構成する主要機械の仕様を表-1に示す。

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: $\pm 0.1\text{mm}$ 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: $\phi 1.2\text{mm}$ ソリッドワイヤ 溶接電流: max250A	 奥行き: 11.1m	$B \leq 8.5\text{m}$ $H \leq 2.4\text{m}$ L: 無制限 
数 量	2 機	2 台	1 基	

(2) 作業領域： 本システムの主体となるのが2機の産業用多関節ロボットであり、ロボットのアーム先端には溶接トーチを取付けてある。溶接方法は、溶極式ガスシールドアーク溶接法を採用している。

製作する鉄筋籠の長辺方向への移動は自走式上屋がレール上を走行して行い、短辺方向へは台車（門型クレーン）に懸架されたロボットが横行し、連続的に溶接作業をこなす。このように、システムが長短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、ロボットを懸架している台車内のガーターは上下可動式で、高さ方向の作業(最大2.4m)に対応できる。

(3) 作業手順： 本システムの基本的な作業手順は、①溶接箇所センシング、②アーム移動、③点付け溶接の繰返しである。溶接箇所のセンシングと溶接作業には、熟練溶接工のテクニックをあらかじめティーチング（教示）し、反復動作を自動的に行わせる（ティーチングプレイバック）。ロボットによる反復作業であるため、溶接パターンの同一化と、鉄筋の配筋誤差を極力減らす工夫を設計段階から加味した。図-1にシステムの基本フローを示す。

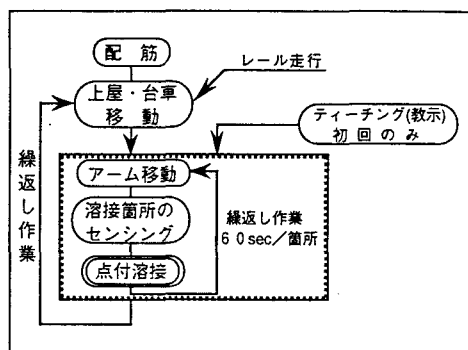


図-1 システム基本フロー

3. システム導入の効果

平成5年8月から6年6月までの約11ヶ月間、この「鉄筋籠自動溶接ロボットシステム」を地中連続壁工事の実施工に導入した。システムを採用した現場では、鉄筋籠製作ヤードを2面設け、片方は在来方法（鉄筋工・溶接工による手作業）で製作し双方の作業能力を比較した。実施工を通じて判明した本システムの効果を以下に示す。

- ①. 本システムによる鉄筋籠1エレメントあたりの製作延人員は、在来方法での製作の45%となり、鉄筋籠製作の人員が大幅に減少した。（表-2）
- ②. 溶接は、コンピューター制御による反復作業であるため、高品質な溶接の連続作業が可能となり、製作する鉄筋籠の品質管理が容易となった。このため、信頼性の高い鉄筋籠の溶接が可能となった。
- ③. 本システムは走行式上屋内での作業であるため、風雨等の天候に左右されないでの溶接作業が可能となり、工程管理が容易となった。

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	溶接箇所数 (1エレメントあたり)	4,000箇所(点溶接)
	(鉄筋70t + フレーム30t)		
	『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. 結論

“鉄筋籠自動溶接ロボットシステム”を研究開発し、実施工に導入したことにより、地中連続壁の鉄筋籠製作における労力や溶接の品質管理・工程管理の点で本システムの優れた効果が実証された。特に、鉄筋籠を製作する労力が、在来方法の労力の半分以下であることは、本システムが鉄筋籠製作作業における省力化の向上に大きな貢献をしたといえる。

今後の課題としては、ティーチングの簡素化やセンシングの迅速化（または、センシングレス化）、多関節ロボットや台車・上屋の走行速度の向上等を目指し、システムの全体の高速化をはかることによる鉄筋籠製作の工程短縮を目指したい。