

鉄骨柱溶接ロボットによる現場施工

正会員○薬師寺 圭^{*1}奥山 信博^{*2}

ロボット	柱継手	継手性能
	溶接	作業能率

1. はじめに

建設工事現場での各種作業は労働負荷が大きく、作業環境も悪く、危険を伴うものが多い。現場での溶接作業も同様であり、それ故に若年層からの担い手が少なく、溶接技能者の高齢化が進み、年々減少する傾向にある。

この問題を解決する一つの手段として、現場柱継手の溶接専用機である柱溶接ロボットを開発し、1992年に実用化した。その後、多くの一般建設工事現場に適用していく上で様々な改良開発を続け、現在までに10現場に適用し、600本以上の施工を実現している。

本稿では、本溶接ロボットの概要と施工試験、および最近の一般建設現場での適用事例について報告する。

2. ロボットの特徴

本溶接ロボットは、作業員1人でロボット複数台を管理することにより作業能率の向上をねらって開発されたものである。主な特徴は以下の通りである。

- ① 1台による全周連続溶接を実施
- ② 高い溶接品質を確保
- ③ 角柱、丸柱とも対応可能
- ④ ティーチングレスで操作が簡易
- ⑤ 小型・軽量で1人での取り扱いが可能

3. システム概要

本溶接ロボットシステムを図1に示す。本システムは溶接ロボット本体、分割型走行レール、制御装置、搬送台車などから構成される。

溶接ロボット本体は、横向自動アーク溶接を行う4軸駆動のロボットで、開先形状を認識するためのレーザーセンサーを備える。ロボットは柱に取り付けられた走行レール上に設置され、レールに沿って柱のまわりを連続的に1周溶接し、その後反転し溶接を繰り返す。ロボット重量は約20kgであり、作業員1名で容易に取り扱うことができる。ロボットによる溶接状況を図2に示す。

走行レールは最大8分割可能（通常4分割で使用し1ユニット重量は約10kg）であり、溶接前に柱に取り付けられる。角柱の場合は直線部とコーナー部からなり、直線部の交換により多様な柱寸法に適用できる。丸型レールを用いることにより丸柱にも対応可能である。

搬送台車は制御装置、ロボット本体や走行レール等を搭載してガソリンエンジンで駆動する。デッキプレート上でも走行可能で、作業員1名で容易に移動できる。

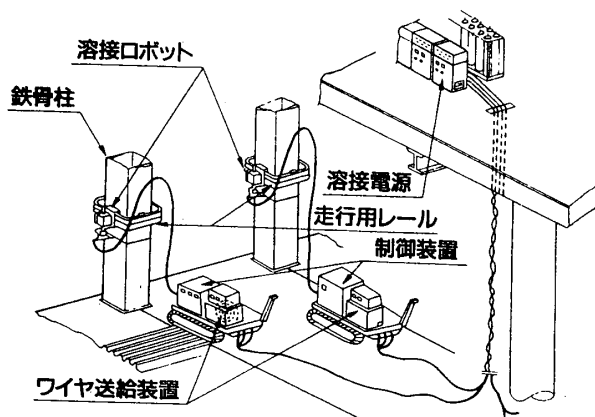


図1 柱溶接ロボットシステムの概略図

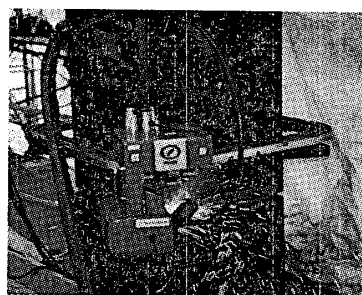


図2 柱溶接ロボットによる溶接状況

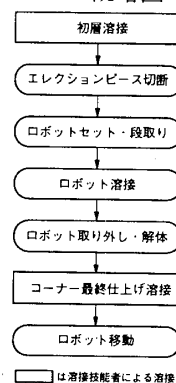


図3 施工手順

表1 適用柱範囲

項目	仕様	
	形状	寸法
柱	形状	角柱、丸柱
	寸法	角柱：550～1200mm、丸柱：レール製作により対応可
溶接開先（レ形）	板厚	75mm以下
	ルートギャップ	6mm ≤ G ≤ 12mm（肌スキ含む）
溶接開先（レ形）	開先角度	30°、35°（精度±2°）
	目違い	±3mm以下
	肌スキ	3mm以下

溶接は、層毎にレーザーセンサーを用いて溶接部の開先形状を認知し、予め登録したデータベースとの演算処理により溶接条件を連続的かつ自動的に制御して行われる。仕上げ層の溶接では、電流値を下げるなどの制御を行い、良好な外観が得られるようにしている。

適用柱条件を表1に示す。鉄骨柱の製品精度、建方精度は通常の精度範囲内であれば適用可能である。

建設工事現場での柱溶接ロボットの施工手順を図3に

Application of a welding robot system for column to column joining on construction site

YAKUSHIJI Kei, OKUYAMA Nobuhiro

示す。施工にあたっては、初層溶接およびコーナー部の最終仕上げ溶接は溶接技能者が実施する。

4. 施工試験

柱溶接ロボットの現場適用にあたっては、本ロボットを用いた溶接施工試験を実施し、溶接継手性能の確認を行った。試験体形状寸法を図4に、柱継手詳細を図5に示す。供試材の機械的性質を表2に、ロボットによる溶接条件を表3に示す。溶接は横向CO₂アーク溶接であり、溶接ワイヤはメタル系フラックス入りワイヤを使用した。各種試験項目は引張試験、シャルピー衝撃試験、マクロ試験およびビッカース硬さ試験であり、溶接部全面において外観検査と超音波探傷検査を行った。マクロ試験と硬さ試験は角柱の直線部とコーナー部の2ヶ所で行った。図4には試験片の採取位置も示している。

試験結果の一覧を表4に示す。試験結果は全て良好であり、全溶接部について実施した外観検査および超音波探傷検査も良好な結果が得られた。

以上の結果より、本溶接ロボットにより溶接された柱溶接継手の性能が実用に耐え得ることが確認できた。

5. 現場施工状況

最近本溶接ロボットが適用された一般的な建設工事現場での施工状況について述べる。

適用対象柱は角柱で柱幅寸法600～700mm、板厚40～60mmである。施工にあたっては本溶接ロボットを4台導入した。主なオペレーターは2名とし、一人当たり2台のロボットを用いて作業することとした。これらのオペレーターは溶接技能有資格者であり、かつ当該現場の技量付加試験に合格した溶接技能者である。

当現場での柱溶接ロボットでの総施工柱本数は100本以上である。外観検査および超音波探傷検査の結果は良好であり、最終的な溶接合格率は約99%であった。

柱1本(□-700, 40t, 溶接長130m)当たりの作業時間の内訳の一例を図6に示す。これは、同寸法の柱2本を溶接する際の作業時間のデータから、1本当たりの作業時間を求めたものである。本ロボットを使用した場合の柱1本にかかる総作業時間は430分であり、溶接技能者1名による作業時間とはほぼ同程度である。図4から、レーザーセンシング、ノズル・スラグ清掃やオペレーターによる溶接状況チェックなどのロボット溶接以外の溶接作業時間が全作業時間の22%を占めていることがわかる。この時間を短縮すること、および組立・取り外しの段取り替え時間をより短くすることが、今後の施工能率向上のための課題であると考えられる。

当現場では、当初の予定通り常時オペレーター1名がロボット2台を管理して作業できた。その結果、通常の溶接ロボットによる作業に関しては、平均的な溶接技能者1人当たりの作業能率の約1.5倍となった。

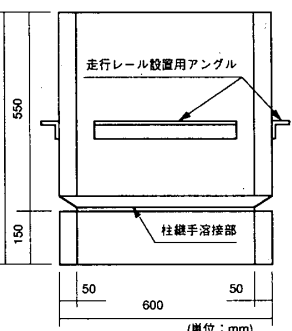
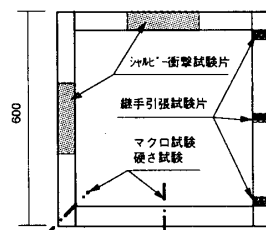


図4 試験体の形状寸法と試験片採取位置

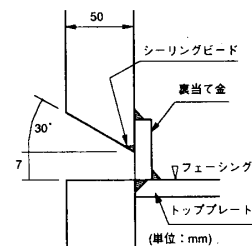


図5 柱溶接継手詳細

表2 供試材の機械的性質

供試材	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	破断 伸び (%)	シャルピー 吸収エネルギー (試験温度0℃) (J)
SM490B (TMCP) 板厚=50mm	355	505	30	305

表3 ロボットの溶接条件

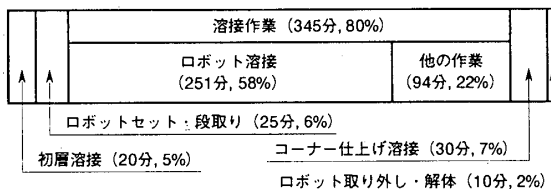
溶接方法	溶接 姿勢	溶接材料	電流 (A)	電圧 (V)
CO ₂ アーク 溶接	横向	JIS Z3313 YFW-C500M (1.2mmφ)	240～300	26～32

表4 試験結果一覧

	継手引張試験		シャルピー衝撃試験 (試験温度0℃)		マクロ試験	ビッカース硬さ試験	
	引張強さ (N/mm ²)	破断 位置	位置 ^{*1}	吸収エネルギー ^{*2} (J)		位置 ^{*1}	最高硬さ (Hv)
(判定値)	≥490			≥27			≤350
直線部	544	母材	UH	227	溶込み状態良好、 有害な欠陥無し	UH	210
	548	母材	UB	201		W	220
	548	母材	W	114		DH	217
		母材	DB	265			
コーナー部			DH	174	溶込み状態良好、 有害な欠陥無し	UH	263
						W	254
						DH	216

*1 位置は、UHは上側HAZ、UBは上側Bond部、Wは溶接部、DBは下側Bond部、DHは下側HAZとする。(板厚方向については衝撃試験は板表面からt/4、硬さ試験はt/2)

*2 吸収エネルギーの値は3本の試験値の平均を記入している。



注) 上記時間は、□-700, 40t (溶接長130m)の柱2本溶接時における1本当たりの作業時間である。
他の作業とは、セーシング、ノズル・スラグ清掃、溶接状況確認等の作業である。

図6 柱溶接ロボットによる作業時間の例

6. おわりに

本溶接ロボットは鉄骨柱継手の現場溶接を対象として開発され、幾つかの建設工事現場へ適用しながら継続的に改良開発を行ってきた。今後もより多くの一般現場への展開を目指して開発を続け、さらに実用性を向上させていく予定である。

【参考文献】

- 1) 奥山信博, 越田和憲, 矢部嘉堂, 吉田康之: 「鉄骨柱自動溶接ロボットの開発と施工事例」, 第3回建設ロボットシンポジウム論文集 第459号, p.237-242, 1993.7
- 2) 奥山信博, 越田和憲: 「溶接ロボットによる現場柱溶接の合理化」, 鉄構技術(STRUTEC) 19, p.19-23, 1995.9

*1 清水建設(株)技術研究所

*2 清水建設(株)建築本部