

建築生産研究グループ

- 1 建築分野における溶接ロボットの有効利用及び その性能評価に関する研究

Study on Effective Utilization and Performance Evaluation of Welding Robots for Building Structures

(研究期間 平成 12～14 年度)

建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering

西山 功
Nishiyama Isao

Synopsis- The purpose of this study is to make possible the effective utilization and to make performance evaluation method of welding robots for building structures. In the initial stage of this study, standard qualification and certification procedures for welding robots of building structures were established. Also, standard qualification and certification procedures for robot welding operators of building structures were standardized. Therefore, questionnaire survey on the functions of existing welding robots, dissemination of qualification and certification of welding robots and operators, and heat input / interpass temperature control of robot welding were studied mainly in this study.

【研究目的及び経過】溶接作業は、熟練技術を要求される一方で作業環境は劣悪であり、この作業のより多くの部分をロボットにより実施する事が、作業員の健康面、安全面の点からも期待されている。また、溶接ロボットを利用することにより、施工効率の向上が期待され、安定した品質を容易に確保することが可能となり、コスト縮減とともに将来にわたった良質な建築物の継続的な供給上も重要である。建築分野での溶接ロボット利用は、通しダイアフラムを用いた鋼管柱材の製作を中心に行われており、柱梁接合部の大組立部分の溶接や溶接組立箱形断面材の製作などにも一部利用されている。しかし、溶接ロボット利用指針などロボットの適正な普及のための技術資料は、十分とは言えず、溶接ロボットによる溶接部の品質を保証するためのシステム構築が望まれる。

以上が当初の研究目的であった。幸いにも、本研究の初年度に、溶接ロボットの型式認証規格等¹⁾の制定が実現し、また、溶接ロボットのユーザであるファブリケータ(鉄骨製作工場)に関わる建築基準法第 68 条の 26 の規定に基づく構造方法等の認定(鉄骨製作工場において溶接された鉄骨の溶接部)の性能評価も開始された。

そこで、本研究では、溶接ロボットの型式認証規格の適性な運用のために必要な検討と普及の方策、及び鉄骨製作工場における溶接部の品質管理上、最重要とされた入熱・パス間温度管理に着目して検討を進めた。

【研究内容】1) 溶接ロボットの機能に関する調査、2) 溶接ロボットの型式認証とオペレータ技量資格認定の規格整備と普及、3) 溶接ロボットによる入熱・パス

間温度管理の検討、の 3 点についての研究を実施した。

以下に各項目についての研究概要を記す。

1. 溶接ロボットの機能に関する調査

多関節型溶接ロボットメーカー 9 社、簡易可搬型溶接ロボットメーカー 6 社に対するアンケート調査により、現在普及しているロボット基本溶接仕様、ロボット本体仕様、制御装置仕様、溶接電源、適用対象継手、標準溶接条件設定範囲、ユーザでの変更・修正・設定の可否、精度誤差対応技術、順応性技術、技術開発の各項目について調査した。

ロボット基本溶接仕様では、対応ギャップ差は $\pm 3\text{mm}$ が上限、使用ガスは下向・横向では CO_2 、立向では混合ガス、使用ワイヤ銘柄は YGW-11, -15, -18, -19、使用ワイヤ径は 1.2mm が主流で 1.4mm 及び 1.6mm は各 1 社であった。

適用対象継手は、柱・梁フランジ、柱・通しダイアフラム、通しダイアフラム・梁フランジ、通しダイアフラムのサイコロであり、板厚は 60mm 以下、柱幅は 1000mm 以下の範囲であった。

順応性技術には、アークリトライ機能、ノズル接触回避、自動ノズル清掃、自動ワイヤ切断、自動チップ交換、自動ノズル交換、自動トーチ交換、自動スラグ取り機能などが静的センサ技術として実装されていた。

2. 溶接ロボットの型式認証とオペレータ技量資格認定の規格整備と普及

溶接ロボットによる溶接部の品質確保に不可欠な制度として、溶接ロボットの型式認証(JARAS 1012 (WES 8703)「建築鉄骨溶接ロボットの型式認証にお

る試験方法及び判定基準」及び JARAS 1013 (WES 8704)「建築鉄骨溶接ロボットの型式認証基準」)及びオペレータの技量認定 (WES 8110「建築鉄骨ロボット溶接オペレータの技術検定における試験方法及び判定基準」及び WES 8111「建築鉄骨ロボット溶接オペレータの資格認定基準」)の制度化に参加した。

溶接ロボットの型式認証の試験種目には、1)柱と梁フランジ継手、2)角形鋼管と通しダイアフラム継手、3)円形鋼管と通しダイアフラム継手、4)通しダイアフラムと梁フランジ継手、5)溶接組立箱形断面柱と溶接組立箱形断面柱継手、6)角形鋼管と角形鋼管継手、7)円形鋼管と円形鋼管継手、8)H形鋼とH形鋼継手、の8種目があり、それぞれの検査項目は、1)外観検査、2)放射線透過検査、3)マクロ検査、4)衝撃試験、5)引張試験、の5項目となっている。ただし、引張試験は、JIS Z 3312「軟鋼及び高張力鋼用マグ溶接ソリッドワイヤ」の解説に記述されている溶接条件を満足する場合は実施しない。また、衝撃試験では、HAZ及びDEPOにおいて27Jを合否判定の基準とする。そして、引張試験では、490N/mm²級では平均で530N/mm²、400N/mm²級では平均で440N/mm²を合否判定の基準とする等とした。

オペレータの技量認定制度に関しては、JIS Z 3841 (WES 8241)「半自動溶接技術検定における試験方法及び判定基準」に基づく溶接技能者の基本級資格を有していればオペレータとしての技能として十分であるとする議論が現在も続いている。しかし、溶接ロボットによる溶接では、前工程での精度確保が最も大切であり、この点で技能者自らが行う溶接とは異なり別資格が不可欠と考えられる。

そこで、溶接ロボットの利用実態なども検討した上で、建築工事監理指針²⁾にこれらの制度を推奨する旨記述した。

3. 溶接ロボットによる入熱・パス間温度管理の検討

レ形開先突合せの標準試験片を用いて溶接パス数、パス間温度を実験変数とした溶接部の機械的性質の検討、溶接プロセス情報を利用した品質管理手法³⁾、柱梁接合部近傍での溶接後の熱履歴に関する実験と解析⁴⁾を実施した。

溶接ロボットでは、トーチ先端の座標を常にモニタ制御しているのは当然として、同時に溶接電流及び溶接電圧を継続監視し、設定した溶接条件となるように制御している。そこで、ワーク形状に応じて、電流、電圧、溶接速度より入熱の管理は容易に実施できる。一方、パス間温度の管理に関しては、あらかじめ定められた溶接

条件で施工実験を実施しておき、前記の型式認証規格の制定以後、実際のワークではプロセスを管理することとされている。

ここで示した各実験・解析研究では、施工実験をせずに簡易な伝熱解析によりこれら入熱・パス間温度管理を可能とする手法の可能性に関する検討を行った。

【研究結果】建築用溶接ロボットの機能及び機能向上のための研究動向の調査を行った。ロボットを適切に利用するための指針となる溶接ロボットの型式認証規格、オペレータの技量認定規格を制定し、溶接ロボットによる溶接部の品質向上のための制度化を行った。制度の普及のため、建築工事の標準仕様書においてこれら制度を参考とする方法について言及した。入熱及びパス間温度管理に関して、簡易な解析により条件設定が可能であることを実験・解析により明らかとした。

以上、日本溶接協会及び日本ロボット工業会の活動に参加するとともに、建築工事監理指針²⁾の改定に参画しつつ研究を進めることにより、実務者にとって直結した成果を得た。



図1 溶接ロボット型式認証の規格 (JARAS 1013)

【参考文献】 1) JARAS 1012 (WES 8703), JARAS 1013 (WES 8704), WES 8110, 及び WES 8111. 2) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修: 建築工事監理指針平成13年版(上巻), 社団法人公共建築協会. 3) 西山, 他: 「溶接プロセス情報を活用した品質管理手法」, 日本建築学会技術報告集, 第14号, 7-52. 4) 社団法人日本溶接協会ロボット溶接研究委員会: 建築用溶接ロボットの機能および研究動向調査報告書, 113-118, 2001.3.

社団法人日本溶接協会ロボット溶接研究委員会: 建築用溶接ロボットの機能および研究動向調査報告書, 2001.3
株式会社日鐵テクノリサーチ: 溶接ロボットによる溶接の実施及び溶接機の電流・電圧・試験片の各部温度計測, 2000.3