

自動レール溶接ロボットの開発

東日本旅客鉄道株式会社	正会員	○中村 慎也
東日本旅客鉄道株式会社		吉田 英哲
東北旅客鉄道株式会社	正会員	北井 健博
J F Eテクノス株式会社		藤井 充
J F Eテクノス株式会社		中野渡弘昌
J F Eテクノス株式会社		八角 元康

1. はじめに

レール溶接作業において、今後の少子高齢化による溶接技術者の減少や溶接技術の継承などの課題に対し、施工の効率化かつ技術者の技量によらない高品質な溶接技術（脱技能化）の確立が今後必要となる。

そこで本報告では、エンクローズアーク溶接法に着目し、レール溶接の自動化（効率化・脱技能化）を目的に、溶接方法や溶け込み形状等を含め、自動化可能な溶接条件を選定し、試作機を開発したため報告する。

2. 現状把握

(1) 溶接方法（エンクローズ溶接法¹⁾）（図-1）

被覆アーク溶接棒を用いた手溶接法であり、溶接棒とレール間にアークを発生させ、レールと溶接棒を溶融させることで、融合・凝固し、溶接金属としてレール間を充填することによりレールを接合する。

また現在では、溶接プロセスはほぼ同じであるが、従来法の被覆アーク溶接棒の代わりに溶接トーチを使用し、ソリッドワイヤを連続送給しながら炭酸ガス雰囲気中で溶接を行う半自動エンクローズアーク溶接法もあり、従来法の半分以下の時間で溶接が可能となる。



図-1 エンクローズアーク溶接

(2) 課題

エンクローズアーク溶接法（半自動含む）は、接合部に大型な装置等を設置しないことから機動性は高いものの、人力（手溶接）による積層溶接法であり、溶接作業の中でも溶接技能を必要とすることから、溶接時間に多大な時間を要するとともに、溶接の品質信頼性についても技術者の技能に依存する。そのため、溶接時間の短縮による施工の効率化や溶接技術の自動化による品質の安定化・脱技能化を目的として開発に取り組むこととした。

キーワード レール溶接、自動化、機械化

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479 JR 東日本 テクニカルセンター 保線作業機械化 PT TEL048-651-2389

3. 試作機の開発

(1) 溶接方法・溶け込み形状の検討

従来のエンクローズアーク溶接（半自動含む）では、レールの開先内で技術者が溶接棒やワイヤ（トーチ）を操作するため、開先量を広くとらなければならず、充填量も多く溶接時間も長くなる。また、溶け込み形状についても中央集中型形状になるため、積層毎の端部で融合不良が発生しやすい。

そこで、本開発による改善方法を以下に示す。（図-2）

- ・回転アーク溶接法を採用し、ソリッドワイヤを回転・連続送給させることで、ワイヤの操作量を減らす。
※半自動溶接と同様のワイヤ(RS-270R φ1.2)を使用
- ・上記方法での積層動作を自動化することにより、開先量を狭く(17mm→12mm)して充填量を減らすとともに、開先を平滑形状で充填する。
- ・シールドガスは、品質に影響を及ぼすスパッタの発生を抑制するため、炭酸ガスにアルゴンガスを混合したアタールガスを使用した。

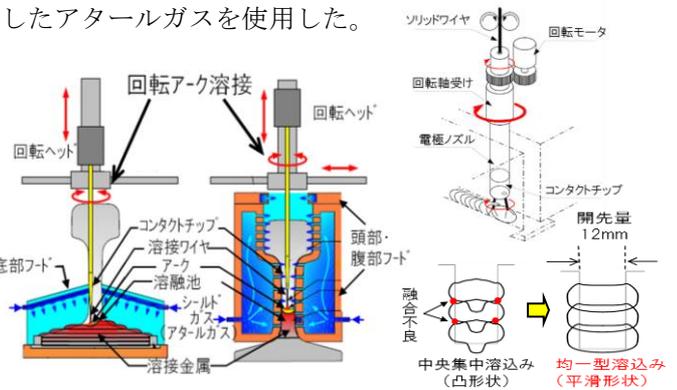


図-2 開発イメージ

(2) 溶接ロボット・制御機構について（図-3）

試作した溶接ロボット・制御機構を図-3に示す。自動溶接は、溶接ロボットをレールに設置後、開先位置のティーチング（開先底部中央）を実施し、開始スイッチを押下することで、設定条件に従い自動溶接を実施する（ロボットによる作業部分を図-4に示す）。

制御機構は、電流値・電圧値・溶接速度のプロセス設定を毎層設定可能（溶接状況に応じて詳細調整可能）とすることで、良好な溶接形状を形成できるようにした。また、溶接状況の自動取得機能として、制御装置の画面上にて、溶接時の状況を確認可能とした。

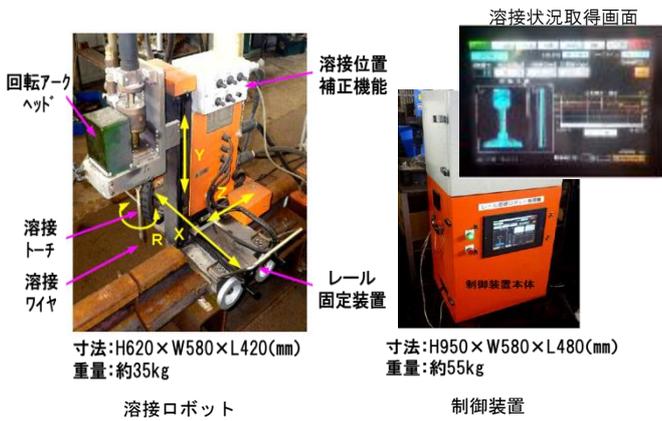


図 - 3 開発した試作機

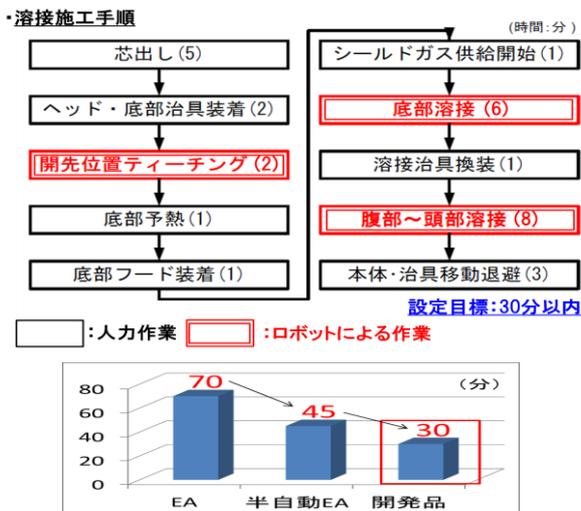


図 - 4 溶接施工手順と設定目標時間

4. 性能確認試験

(1) 動作確認試験

動作確認試験では、開発した試作機を使用し、60kg レール（新品）を開先量 12mm で自動レール溶接した。また、試験は工場内で実施したが、現地溶接施工を想定し、エンジン発電機（25kVA）を使用した。

今回の動作確認試験での溶接時間を表 1 に示す。

表 1 自動レール溶接時間 (分'秒")

	底部溶接	腹部～頭頂部溶接	アークタイム
①	5' 24"	5' 59"	11' 23"
②	5' 23"	6' 21"	11' 44"
③	5' 07"	5' 49"	10' 56"
平均	5' 18"	6' 03"	11' 21"

動作確認試験の結果、溶接時間（アークタイム）は約 11～12 分であり、図 - 4 に示した施工手順での溶接時間においても 24 分程度となり、設定目標を満足する結果となった。ロボット本体の動作に関しても、異常が無かったことから、現地溶接施工におけるエンジン発電機での稼働も問題無いと考えられる。

(2) 継手評価試験

動作確認試験後に実施した外観検査・浸透探傷検査・超音波探傷検査での判定結果が良好であった為、静的曲げ強度試験を行ない溶接強度の確認を行なった。

静的曲げ試験の試験方法を図 - 5 に示す。使用した試験体については、60kg レール（新品）を使用し、開先量 12mm で予熱 100℃にて自動溶接した。

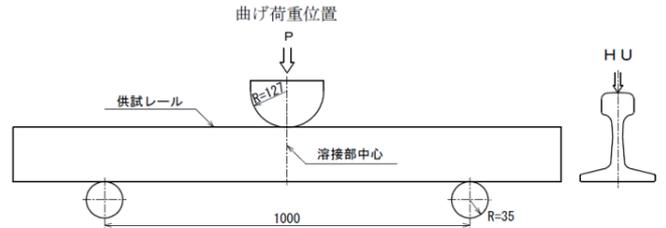


図 - 5 静的曲げ試験方法

静的曲げ試験結果を図 - 6 に示す。その結果、当社における新幹線軌道適用の判定基準は確実に満たしていないものの、在来線軌道適用の判定基準は満たす結果となった。

判定区分	HU時	新幹線	在来線
60kgレール	破断荷重(kN)	≥1,370	≥1,080
	たわみ量(mm)	≥25	≥10

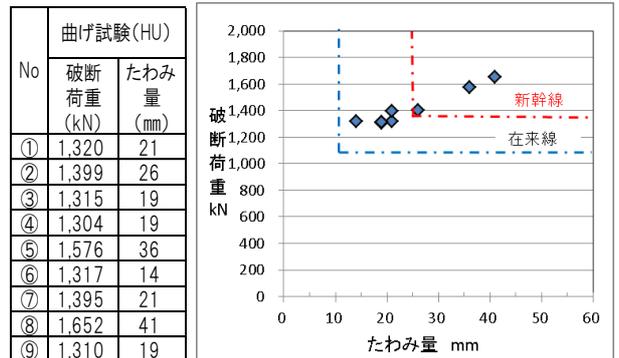


図 - 6 静的曲げ試験結果（破断荷重-たわみ量）

5. まとめ

レール溶接技術の自動化を目的に試作機を開発し、各性能確認を実施した。その結果、自動でのレール溶接や溶接時間など、一定の成果を得られたが、溶接強度（静的曲げ試験）においては、新幹線軌道適用の判定基準を確実に満たすことができなかった。

そのため、今後は溶接強度向上に向けた検討を継続して実施してくとともに、屋外での施工性能評価を実施し、新たな溶接方法の位置づけとして、現地敷設導入に向けて取組んでいく。

参考文献

1) 本新版軌道材料編集委員会: 新版 軌道材料, pp. 109-111, 株式会社鉄道現業者, 2011.