

レールのフラッシュ溶接技術

Rail Flash Butt Welding Technology

藤井 充 FUJII Mitsuru JFE レールリンク 技術部長
 中野渡弘昌 NAKANOWATARI Hiroaki JFE レールリンク 技術部技術室
 成合 潔 NARIAI Kiyoshi JFE レールリンク 工事部長

要旨

JFE フィードバックフラッシュ速度制御方式と直流インバーター方式、さらには海外で採用されている予熱方式を組み合わせ、高能率で省電力・小型軽量化を実現できるレールフラッシュバット溶接技術を開発し、この技術を適用した溶接機を東日本旅客鉄道（株）殿に納入した。本報告では JFE レールリンクのレールフラッシュバット溶接機の納入実績および現地工事への適用実績を示し、これまでの開発概要と今後の展開について述べる。

Abstract:

New rail flash-butt welding technology with JFE feedback flashing rate control and direct current (DC) inverter type power supply system was developed. This welder also employed preheating system for continuous welding which had been adopted in overseas, achieving high efficiency and energy saving operation along with the reduction of weight and size of the machine. The welder has been delivered to East Japan Railway Company with successful operation. Outline of the development, delivered machines and applications at the construction site are introduced.

1. はじめに

鉄道レールは、特殊な形状と大断面を有しており、その用途から耐磨耗性および耐損傷性が重視されることから含有炭素量が多く、溶接することは容易ではない。レールの接合には、フラッシュ溶接工法、ガス圧接工法、テルミット溶接工法およびエンクローズアーク溶接工法の 4 工法が用いられる。その中でもフラッシュ溶接工法は、国内外で使用されるレール溶接工法の中では最も施工能率が高く（溶接時間：約 1.5～4 min）、品質の安定性や管理面で良好な工法である。図 1 にフラッシュ溶接の原理を示す。

フラッシュ溶接は、接合するレール端面間に電力を付加し、微速前進させ端面の接触による抵抗発熱と局部発熱に

より火花（フラッシュ）とアークを発生させ、この接触通電一フラッシュ発生を繰り返し接合面全体に溶融層が形成された後に、急速前進加圧により溶接継手を得る溶接方法である。以下に JFE レールリンクのフラッシュ溶接技術および日本国内における適用実績を報告する。

2. JFE レールフラッシュ溶接技術

図 2 にフラッシュ溶接に使用される電源方式を示す。交流方式は主に現場で使用されるモバイルタイプで採用されている方式であり、小電力による連続フラッシュ溶接工法（図 3 (2)）で実施される。この方式は小電力なので電源設備は小さくなるが溶接時間は長くなる（2.5～4 min）。溶接機は構造が簡単で軽量化（重量 2.5～5 t）が可能である。一方、直流方式は大容量の電源設備が確保できる工場溶接で採用され、海外メーカー製の工場用フラッシュ溶接機の電源設備はすべてこのタイプである。この電源方式では予熱フラッシュ溶接工法（図 3 (1)）が適用される。この方式は溶接時間が短くなる（1.5～2 min）が、大電力が必要なため電源設備は大きく、溶接機も大がかりなものとなる（重量約 30 t）。

JFE レールリンクのフラッシュ溶接機ではフィードバックフラッシュ速度制御（図 4）¹⁾ が用いられており、過度のピークパワーを排除し、電気容量を小さく抑える省エネルギータイプの溶接機となっている。フラッシュ速度は一次電力量が設定値に対して常に等しくなるように制御されており、偏差電力を検知すると電気油圧サーボ弁が作動し、即座に接合

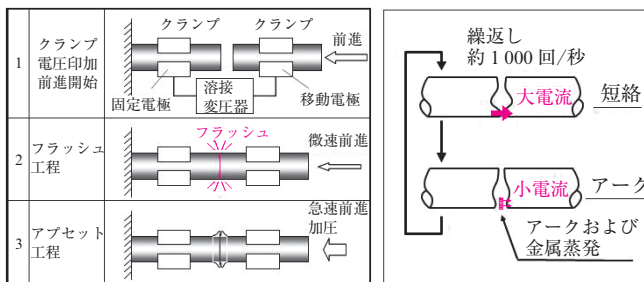


図 1 フラッシュ溶接の原理
Fig. 1 Principle of the flash welding

2014 年 4 月 4 日受付

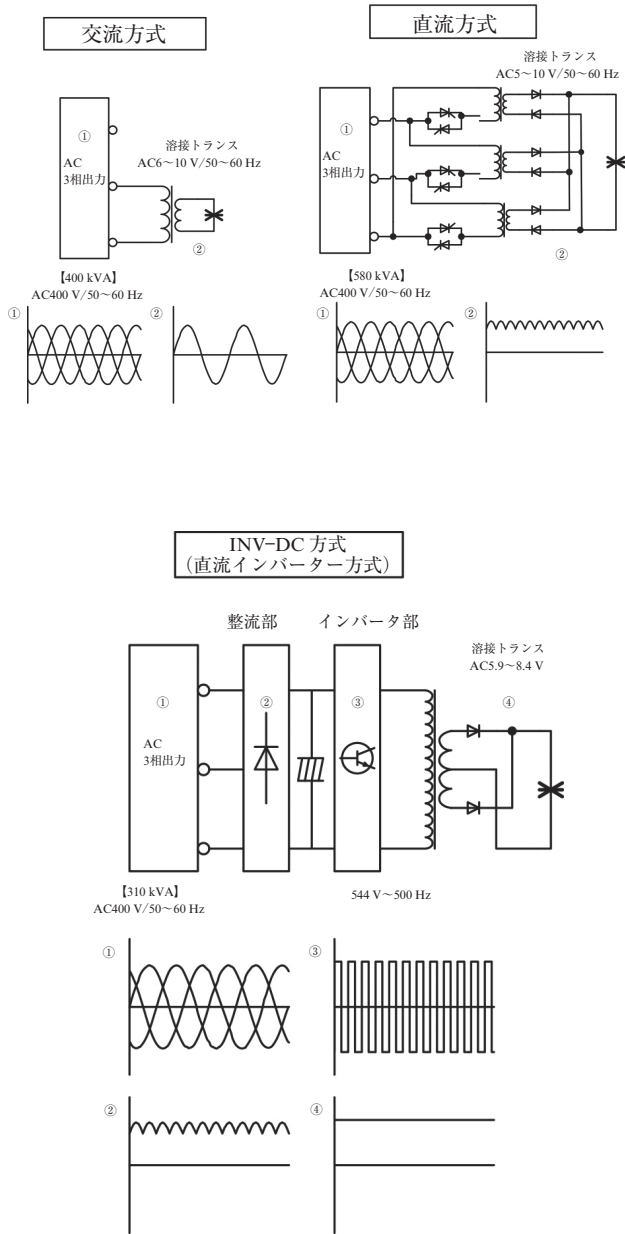


図2 電源方式

Fig. 2 Power supply system

部材を前進あるいは後退させ、安定したフラッシュ速度を保持する。今回、フィードバックフラッシュ速度制御方式と図2に示すINV-DC方式（直流インバーター方式）、さらに溶接方法として従来の連続フラッシュ溶接工法に海外で採用されている予熱方式の長所を組み合わせ、高効率で省電力・小型軽量化を実現できるレールフラッシュバット溶接技術を開発した。

3. JFE レールフラッシュ技術の適用実績

3.1 東日本旅客鉄道（株） 東京レールセンター溶接機

東日本旅客鉄道（株）東京レールセンターでは1998年に

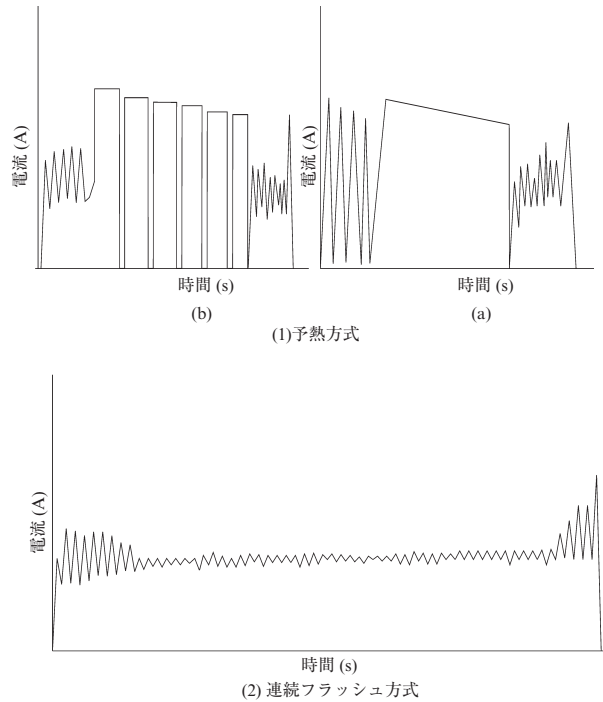


図3 フラッシュ溶接工法

Fig. 3 Flash welding method

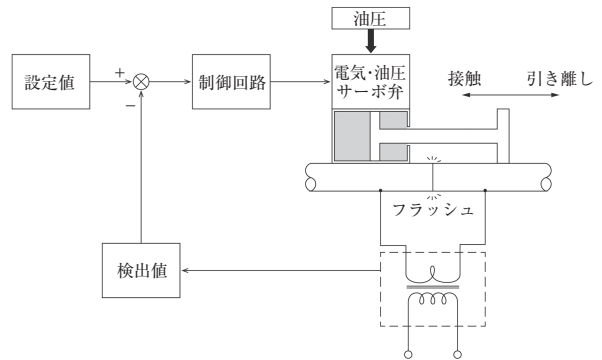


図4 フィードバックフラッシュ速度制御

Fig. 4 Feedback flashing rate control

導入した海外製レールフラッシュ溶接機が2013年に更新時期を迎えたため、後継溶接機としてJFEレールリンク製のフラッシュ溶接機が採用された。溶接機は2014年1月に納入し、2月よりロングレール製造を開始した。本溶接機の特長を示す。

- (1) 電源方式として図2に示すINV-DC方式（直流インバーター方式）を採用するとともに制御方式としてフィードバックフラッシュ速度制御を採用し、溶接電源の効率化使用と溶接機の小型化を図った。
- (2) 図5に示す溶接データのようにモバイルフラッシュ溶接機で使用される連続フラッシュ溶接工法をベースに若干の予熱工程を付加させることで要求能率（溶接時間1.5~2 min）を達成した。

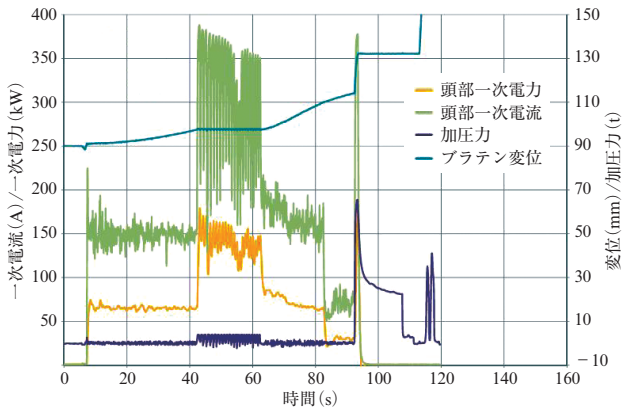


図5 溶接データ（東日本旅客鉄道(株)）

Fig. 5 Welding data of East Japan Railway Company

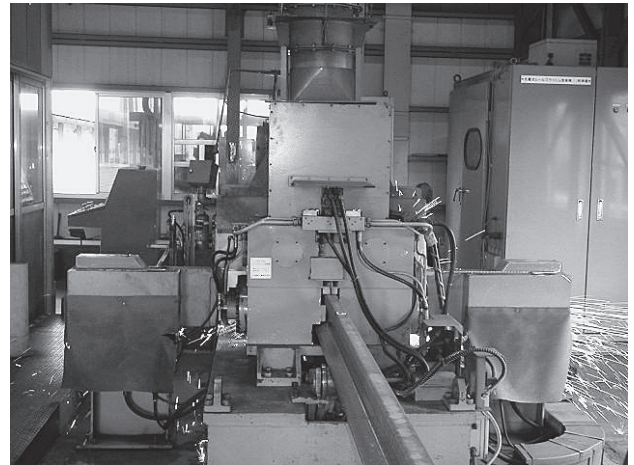


写真2 溶接機（東海旅客鉄道(株)）

Photo 2 Welding machine of Central Japan Railway Company

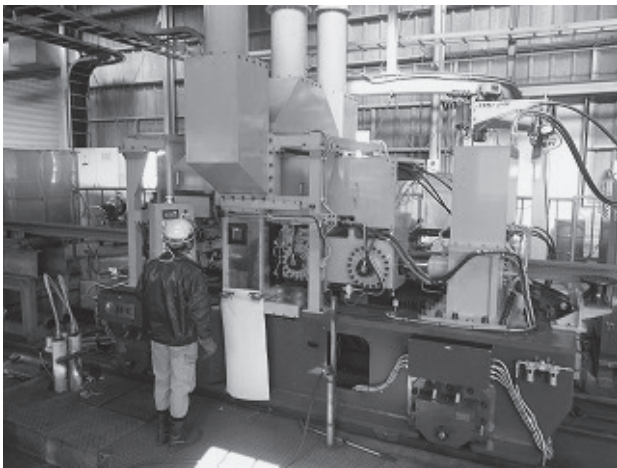


写真1 溶接機（東日本旅客鉄道(株)）

Photo 1 Welding machine of East Japan Railway Company

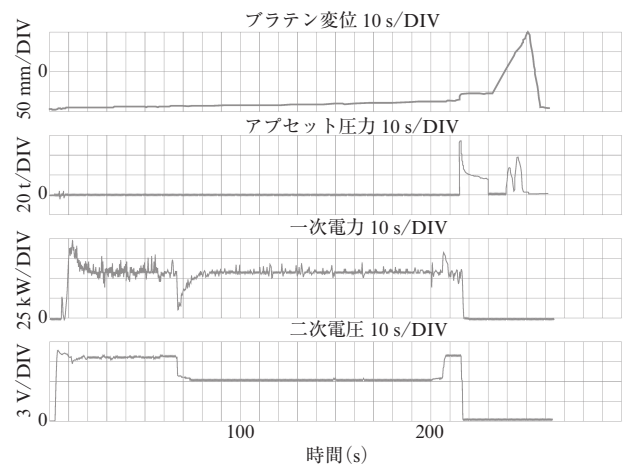


図6 溶接データ（東海旅客鉄道(株)）

Fig. 6 Welding data of Central Japan Railway Company

以上、新型機は寸法が $4.5W \times 1.8D \times 2.4H$ (m)、重量18 t、最大出力310 kVAと改修前の溶接機と比較し約35%の省スペース化、約40%の軽量化および約50%の消費電力の低減化が図られた。写真1に溶接機を示す。

3.2 東海旅客鉄道(株) 浜松レールセンター溶接機

1990年、日本国有鉄道から分割民営化されて間もない東海旅客鉄道(株)浜松レールセンターに、レールフラッシュ溶接機を納入した。当溶接機は、交流電源で連続フラッシュ溶接方式の採用により、定置式フラッシュ溶接機としては小型で必要電力量も小さく、東海旅客鉄道(株)浜松レールセンター生産ラインのコンパクト化や電力コストの低減に寄与し安定的に稼働している。年間平均3000口(200 km)の溶接が行なわれており総延長で延べ5000 kmのレールを製造し日本の大動脈である東海道新幹線の安全安定運行を支えている。写真2に溶接機、図6に溶接データを示す。

3.3 可搬型フラッシュ溶接機

1992年に現地基地溶接工事向けにヘッド重量を軽減した溶接機(重量1.9 t)を開発した。溶接方式および制御は、基本的に東海旅客鉄道(株)浜松レールセンター納入の定置型機と同等である。この溶接機は1993年の北越北線建設工事を始め、各地の建設線工事に供してきた。特に、1994年7月より着手した北陸新幹線建設線工事では、1998年2月の長野オリンピック開催を控えていたこともあり、高い品質レベルと急ピッチでの施工が要求され30口/日以上ペースで当溶接機による現地溶接を実施し、1997年12月の長野新幹線開業に寄与した。写真3に可搬型フラッシュ溶接機の外観を示す。

3.4 西日本旅客鉄道(株)溶接機制御改造²⁾

西日本旅客鉄道(株)向日町レールセンターでは、1999年に海外メーカー製のレールフラッシュ溶接機を始め各種

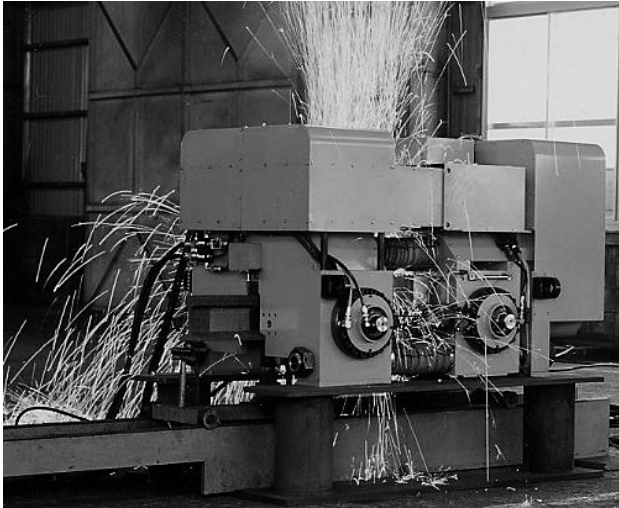


写真3 可搬型フラッシュ溶接機

Photo 3 Portable flash welding machine

装置が導入され、在来線、新幹線を合わせ年間約5000～6000口が施工されている。2009年～2012年にかけて主要機械の改修ならびに一部機械の国産化への転換が実施された。レールフラッシュ溶接機については、国内唯一の溶接機納入実績のある当社が制御装置の取替え工事を受注した。取替え工事では、溶接機本体は既存の海外製を継続使用するため、(1) 制御プログラムの解析、(2) 構成部品のリストアップ、(3) 代替部品の選定などを実施した。また、制御装置には故障部位を特定する故障診断機能や溶接入熱量などの溶接パラメーター、部位のモニター表示機能を追加し、故障発生時の原因特定迅速化とメンテナンス性・稼働率向上を図った。写真4～6に更新した制御装置の溶接モニター画面、故障診断画面および溶接機をそれぞれ示す。また、図7に溶接データを示す。



写真5 故障診断画面

Photo 5 Picture of trouble diagnosis



写真6 溶接機 (西日本旅客鉄道(株))

Photo 6 Welding machine of West Japan Railway Company



写真4 溶接モニター画面

Photo 4 Picture of welding monitor

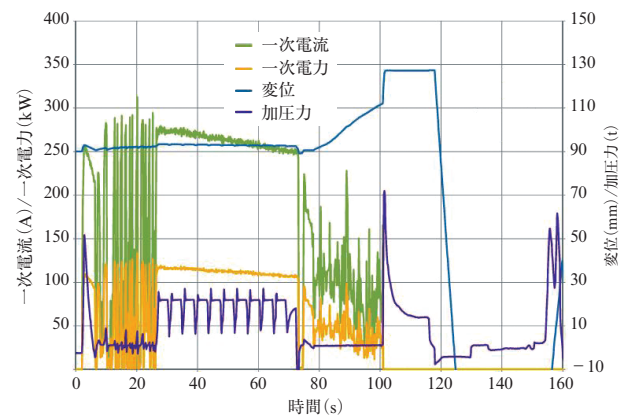


図7 溶接データ (西日本旅客鉄道(株))

Fig. 7 Welding data of West Japan Railway Company

4. おわりに

JFE レールリンクのレールフラッシュバット溶接システムおよび適用実績について紹介した。今後は定置型機を始め可搬型機の国内外への装置販売および現地工事への適用を目指していく。

参考文献

- 1) 藤井充ほか. Computer Control Compact-type Flash Welding Equipment for Rails. 5th International Heavy Haul Railway Conference. 1993-06-07.
- 2) 森田貢ほか. フラッシュバット溶接ラインの国産化改修. 土木学会第68回年次学術講演会. 2013-09-05.



藤井 充



中野渡弘昌



成合 潔