

レール溶接仕上げ用 機械の開発



齋藤 優輝***



石橋 力也**



原田 彰久*

今後予定されている新幹線の通トンレール交換においては、大量のレール溶接施工が必要となる。レール溶接施工はレール溶接作業とレール研磨作業の2つに分類され、現状の作業は人力作業によって行われているため多大な労力を要している。またレール溶接1口当たり約60分と大変時間がかかっているため、限られた保守作業間合いでは施工数量が限られてしまう。そこで削正作業の効率化を目指した、レール溶接仕上げ用機械の開発に取り組むこととした。その結果、レール溶接仕上げ用機械によりレール頭頂面の荒削り作業を4分、その後人力による仕上げ作業で22分、合計26分で作業を終える結果となり、作業の効率化が図れることを確認した。

●キーワード：レール溶接、荒削り

1. はじめに

これまで現場レール溶接施工は、熟練技能者による人力作業を主体に行われている。図1に現状の削正作業を示す。



荒削り作業



仕上げ作業

図1 現状の削正作業

レール溶接施工はレール溶接作業と削正作業の2つに分かれており、中でも削正作業は主に砥石グラインダーを使用した人力による中腰作業で、レール溶接1口当たり約60分かかっている。2次溶接作業では、通常の保守作業間合いで施工した場合1日当たり約3口となっており、施工の効率化が求められている。

そこで本開発では、削正作業を対象に労力軽減と作業時間の短縮を目的として、レール溶接仕上げ用機械の開発に

取り組むこととした。

2. これまでの開発と課題

これまでも、さまざまなレール溶接における削正機械の開発が行われてきた。これまで開発された削正機械の特徴は、レール溶接形状をあらかじめ計測し、その形状に応じた削正パターンを機械に組み込み削正するものや、機械操作を行うことで、最終のレール凹凸形状を仕上がり基準値以下となるよう削正を行うものである¹⁾。また、作業対象はレール頭部などの機械化しやすい箇所を対象としており、一部人力作業による削正作業が残ったままの状態であった。図2に過去に開発された削正機械を示す。



図2 過去に開発された削正機械

その結果、従来のグラインダーに加え重量のある複雑な機械装置を準備しなければならず、また「削正時間がかかる」「機械操作の熟練技能が必要となる」などの理由により、現場では現在ほとんど使用されていないのが実情である。

そこで本開発では、人と機械の長所を活かした作業の役割分担を考え、新たな熟練技能が不要でかつ短時間で仕上がり可能なコンパクトな機械を目標として開発を進めた。

3. 開発内容

3.1 開発対象

現状の人力による削正作業は、荒削り削正と仕上げ削正の2つに分かれており、レール底部、腹部、頭部の溶接余盛部の荒削り削正に約20分、レール長手方向の1m間の凹凸の仕上げ削正に約40分を要している。

本開発では、人が得意とする繊細な技量を必要とする仕上げ削正作業は従来通りの砥石グラインダーを使用した人力作業とし、削正精度をあまり必要としないが、削正量が多く、大きな労力を必要とする荒削り作業を対象として、新たな機械を開発することとした。従来仕上げ削正で行っていた作業についても一部対象とし、レール溶接余盛部をレールの逆ひずみや長手方向の繊細な仕上げに影響を及ぼさない範囲で可能な限り削正できる機械の開発を行った。また、レール底部、腹部は現状でも短時間で作業を行っていることや機械化を行うには複雑な形状となることから、レール頭頂面のみを対象とした。図3に開発後の作業イメージ(ガス圧接)を示す。

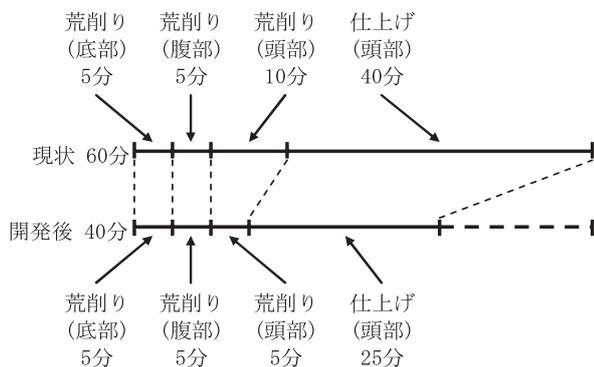


図3 開発後の作業イメージ

3.2 削正方式

レール削正方式(使用する研磨材)は主に3種類ある。表1にレール削正方式の特徴を示す。

表1 削正方式の検討

方式	長所	短所
砥石(現状)	・現場に応じた削正が可能 ・高温での削正が可能	・削正量が少ない ・交換周期が早い
フライスチップ	・削正量が多い ・高温での削正が可能	・削正精度が悪い
ベルト	・削正精度が良い	・削正量が少ない ・高温での削正が困難

3種類の削正方式には長所と短所があり、荒削りに求められる性能としては、溶接直後の高温時でも削正可能で、短時間で削正量が多い削正方式である。そこで3種類の削正方式を比較検討し、フライスチップ方式は短所として削正精度は低いというマイナス要素があるが、削正速度(切削速度)

を速くすることや、削正量を極力少なくすることにより、ある程度の削正精度を維持することは可能であり、その後の人力での砥石グラインダーによる仕上げ作業に影響しないと判断した。そのため今回は、削正精度は低いが削正量が多いフライスチップ方式を用いることとした。図4に削正に用いるフライスチップ(研磨材)を示す。



図4 フライスチップ(研磨材)

3.3 機械動作

新たな熟練技能が不要でかつレールを削り過ぎず、一定レベルの仕上がりが可能なコンパクトな機械とするため、以下の通り簡易な自動制御機構と削正方法を構築した。

- (1) 溶接頭頂部と溶接部横のレール高さの差(溶接余盛高さ)を削正装置自体(削正ユニット)で電流値(負荷値)により自動計測できる機構とした。
- (2) レールの逆ひずみ量を考慮し、溶接余盛高さが0.1mm以上となるように自動的に削正量を算出し制御させ、レール母材の削りすぎを防止する機構とした。
- (3) 削正量はフライスチップ方式の削正精度と削りすぎ防止、機械本体にかかる振動、荒削り後のレール表面の凹凸状態の観点から0.2mmピッチとした。
- (4) 効率的な機械動作を図るため、レールの逆ひずみ量に応じた適切なストロークを設定した。

以上の検討結果に基づき、図5に基本的な機械操作を示す。

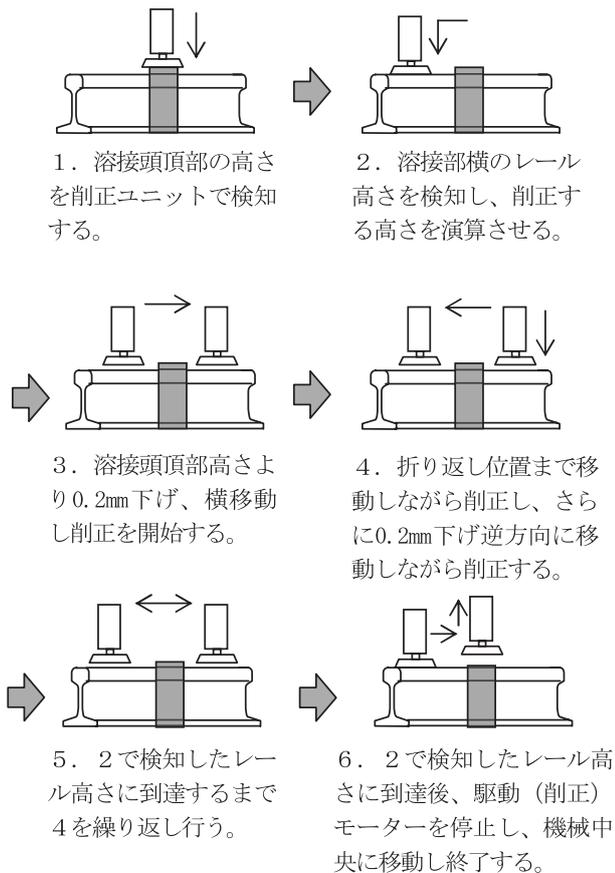


図5 レール溶接仕上げ用機械の機械動作

3.4 機械本体のコンパクト化

現場での使用を考え、機械本体を極力コンパクトにすることをとした。削正終了後は1mあたりのレールの凹凸量で評価するが、レールの逆ひずみ量と溶接部の熱影響による落ち込みとその後の人力による仕上げ作業を考慮し、溶接部の余盛量を0.5mm以上残す削正量とした。そのため、削正溶接余盛部を中心として横移動ストロークを300mmに設定し、機械のコンパクト化を図った。図6に横移動ストローク設定、図7に開発したレール溶接仕上げ用機械を示す。

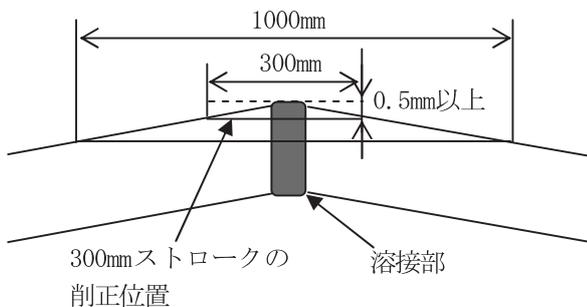


図6 横移動ストロークの設定

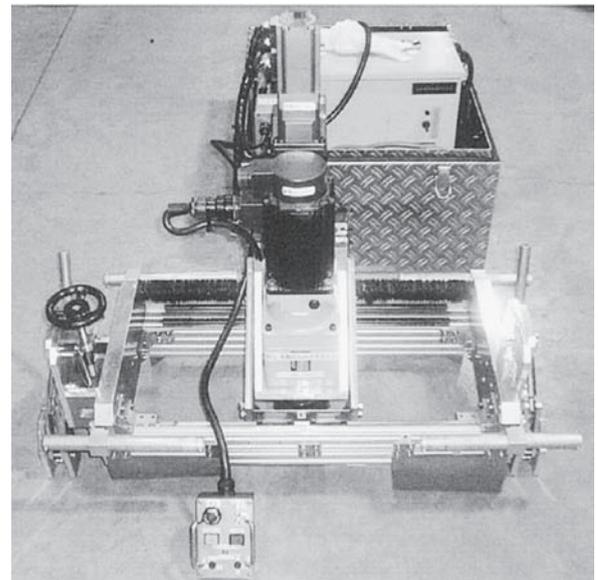


図7 レール溶接仕上げ用機械

4. 検証試験

4.1 試験方法

レール溶接種別は2次溶接を想定し、ガス圧接を選定した。試験方法は以下のとおりである。

- (1) 1.2mレール2本をガス圧接する。
- (2) レール溶接仕上げ用機械を用いて削正する。
- (3) 砥石グラインダーを使用して人力により仕上げ削正をする。
- (4) 1m踏面測定器にて削正後の仕上がり状態を確認する。

以上の試験項目の(2)(3)に要する時間と削正後のレール凹凸形状を測定し、性能評価を行った。図8にレール溶接仕上げ用機械による削正状況、図9に荒削り後のレール表面、図10に荒削り後の仕上げ作業を示す。

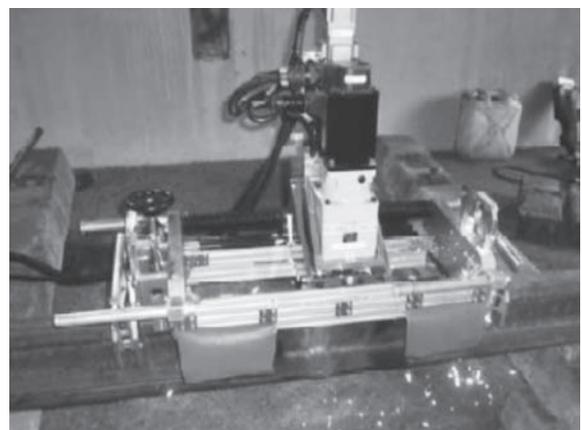


図8 レール溶接仕上げ用機械による削正状況

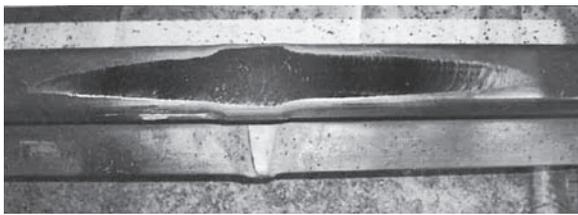


図9 荒削り後のレール表面



図10 荒削り後の仕上げ作業

4.2 試験結果

表2に検証試験の試験結果を示す。

表2 試験結果

	レール凹凸量/1m (mm)				平均削正時間(分)		
	高低		通り				
	最小	最大	最小	最大	機械	グラインダー	合計
測定値	0.0	0.3	0.0	0.3	4	22	26

- ・レール溶接仕上げ用機械による荒削りを7回実施したところ、いずれの場合も5分以内で溶接余盛部の自動削正を終えることができた。
- ・レール溶接仕上げ用機械を使用した後に砥石グラインダーを使用した人力による仕上げ作業を行ったところ、いずれの場合も25分以内に作業を終えることができた。
- ・レール溶接仕上げ用機械は溶接直後から容易に設置可能で、最終試験終了後にフライスチップ（研磨材）の確認を行い損傷は見られなかった。

図11に高低変位チャート、図12に通り返位チャートを示す。



図11 高低変位チャート



図12 通り変位チャート

5. まとめ

- ・削正方式をフライスチップにしたことにより、削正量が増大し、短時間で削正を終了することができた。
- ・レール溶接仕上げ用機械の削正方法を自動削正としたことにより、誰でも操作が可能であり、またレール溶接仕上げ用機械の削正時間も平均してほぼ同じ時間で作業を終えることが確認できた。
- ・溶接余盛高さを検測、制御する機構を構築したことにより、従来より精度の良い荒削りの自動削正が可能となった。その結果、自動削正後の砥石グラインダーを使用した人力による削正作業の時間短縮をすることができた。
- ・横移動ストロークを300mmとしたことにより、短スパン、短時間で削正が可能となり、削正時間の短縮が図れた。

6. 今後の課題

レール溶接仕上げ用機械を使用して溶接余盛部の削正を行うことで、削正時間の短縮を図ることができた。しかし今回開発を行ったレール溶接仕上げ用機械はレール頭頂面を対象としているため、レール頭側面の荒削りは人による作業が残ってしまっている。今回溶接余盛部を繊細な仕上げに影響を及ぼさない範囲で可能な限り削正できる機械により削正時間の短縮が図れたため、この考えをレール頭側面に適用し、荒削り機械をレール頭側面を削正可能な機械にすれば更なる時間短縮が図れ、作業の効率化に繋がると考えられる。

参考文献

- 1) 稲本耕介、山田正則、細川誠二；新線路、2001年8月、現場用グラインダーの開発