

新たな設定替手法の試み

大崎 将裕

鉄道のレールは温度の変化により伸縮する。伸縮を加味した適切な長さでレールが敷設されていない場合には、温度変化によりレールが張り出すことやレールが破断することがある。

整備新幹線における軌道工事では、各線区において温度変化に対応できる「設定温度」を設けている。この温度を基準にレールを設計上の長さに調整して、最終的なレール溶接を行うことを「設定替」という。従来は溶接によってレールの長さが変わらないという特徴から、溶解しやすい金属を溶かし、レール継目部を接合する「エンクロズドアーク溶接」を行ってきた。しかし、整備新幹線工事は短い期間に多くの溶接を施工する必要があるため、レール溶接技術者の確保に苦労している。

今回、レールの母材同士を突き合わせ溶接を行う「ガス圧接」を使用し、新たな設定替手法を行った。

キーワード：軌道工事、設定替、緊張器、ガス圧接、時間・圧縮曲線

1. はじめに

スラブ軌道敷設工事の最終工程である「設定替」において、近年のレール溶接技術者不足の解消を目的に、新たな設定替手法を試み、施工を行った。本稿では、新たな設定替手法を行った背景、施工方法および施工結果について報告する。

2. スラブ軌道敷設工事の流れ

整備新幹線におけるスラブ軌道敷設工事の流れを図1に示す。

1次溶接は、ガス圧接や仕上げを行う溶接ラインを

配置し、高架上に貯積した25 mレールを200 mレールに溶接する作業である。

仮軌道敷設は、1次溶接で溶接した200 mレールを、レール送り込み装置車で仮軌道を敷設する作業である。

スラブ敷設は、スラブ運搬敷設車を使用して、軌道スラブを敷設し、CAモルタルを注入する作業である。

2次溶接は、1次溶接にて200 mに溶接したレールを1 km程度に溶接していく作業である。

レール面整正は、軌間、通り、水準、高低を調整し、レール下の可変パッドを注入する作業である。

設定替は2次溶接で1 km程度に溶接したレールを正しい長さにし、最終的に数十 km程度の長さで1本に繋げていく作業である。



図1 スラブ軌道敷設工事の流れ

3. 設定替とは

設定替とは、レールの張り出しやレールが破断することで生じる脱線を防止することを目的としてレールを正しい長さにし、最終的に1本のレールに溶接する作業である。レールを「正しい長さにする」とは、1年を通して外気温によるレールの伸縮量に対応可能な中位温度を設定し（以下、設定温度という）、レールを設定温度となった時点で締結することである。北陸新幹線（金沢～敦賀間）での設定温度は図2に示す。

一般的な設定替方法としては緊張方式と加熱方式が

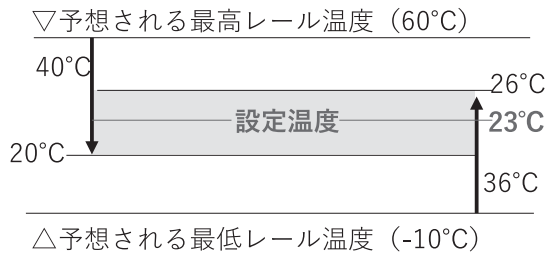


図-2 北陸新幹線における設定温度

あり(写真-1), 両者とも設定温度よりレール温度が低い時期に施工を行う。

緊張方式とは、設定温度と設定替当日のレール温度との差から計画緊張力および計画レール伸び量を求め、緊張器にてレールを緊張し、レールを正しい長さにして溶接する方式である。

加熱方式とは、設定温度と設定替当日のレール温度との差を加熱器により直接加熱し、設定温度にすることでレールを正しい長さにして溶接する方式である。

4. 新たな設定替手法を行った背景

スラブ軌道敷設工事を通じて、レール溶接は3回行うが、1次・2次溶接はガス圧接(以下、GPとする)、3次溶接(設定替時)はエンクロズドアーク溶接(以下、EAとする)を使用している。これらは溶接法の特徴から使い分けを行っている(写真-2)。

GPは圧接法的一种であり、レールの母材同士を突き合わせ、加圧・加熱し、母材同士を一体化する方法であり、レールが26mm短くなる。

EAは融接法的一种であり、溶解しやすい金属を溶かし、レール継目部を接合する方法であるため、レールの長さが変わらない。

三次溶接は設定替時に行う最終溶接であり、レールの長さを変えることができないため、従来はEAで溶接を行ってきた。

しかし、EAはレール溶接技術者が溶接棒を溶かし

ながらレール同士を接合する手法であるため、技術者には十分な経験と高い技量が必要である。したがって、EAはレール溶接技術者の技量に依存する傾向がある。一方、GPは母材同士の溶接であることから高品質であり、機械施工であることから均一な施工が可能である。

設定替作業において、従来はEAを使用してきたが、短い期間に多くのEAを施工する機会は整備新幹線工事だけであるため、レール溶接技術者の確保に苦勞している。したがって、設定替は作業に適したタイミングではなく、レール溶接技術者が確保できたタイミングで施工せざるを得ない。

これらの実情を踏まえ、EAによらない新たな設定替手法としてGPによる施工を行った。

5. 新たな設定替手法

新たな設定替手法でGPを採用すると、レールが26mm短くなる点に対応策が必要となる。その課題を解消するため、区間別に2種類の施工を行った。1つ目はトンネル区間にて施工を行った「レール扛上によるGP」であり、2つ目は明かり区間にて施工を行った「緊張器を使用したGP」である。

(1) レール扛上によるガス圧接

レール扛上によるGPは、溶接でレールが短くなる

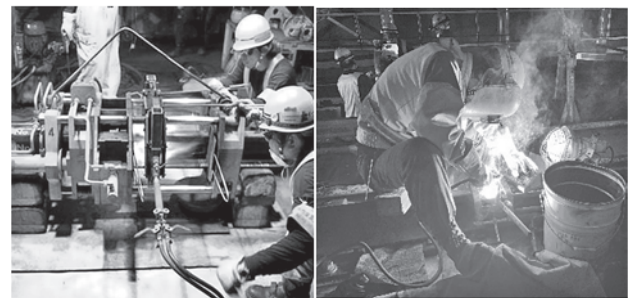


写真-2 GP・EA施工時

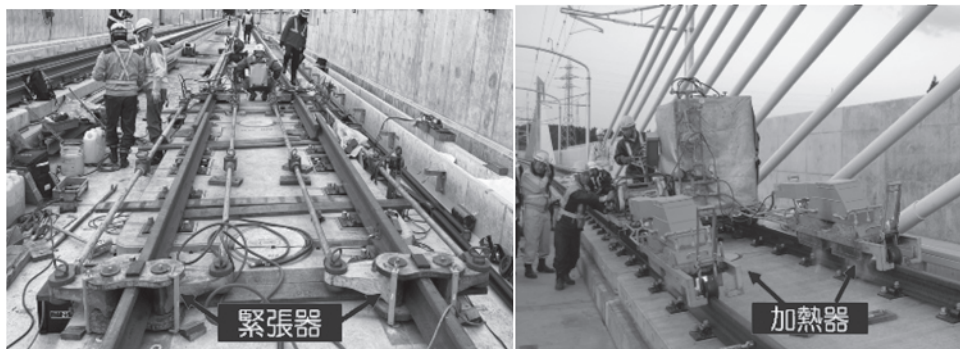
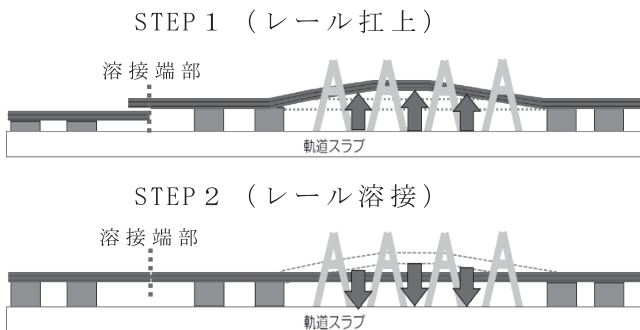


写真-1 設定替手法(緊張方式・加熱方式)

分を事前に扛上しておき、GPの進行に合わせてレールを降下させていくことで、EAによらない設定替が可能となる。レール扛上によるGPのステップ図を図一3に示す。



図一3 レール扛上によるGP ステップ図

STEP1 (レール扛上) では、GPでのレール縮量である26mm分を扛上する(写真一3)。レールは、水平距離77m区間において最大高さ1m程度山越器を使用し扛上する。扛上したタイミングで溶接部のレール端面同士を密着させる。



写真一3 レール扛上時

STEP2 (レール溶接) はGPが進行し、初押し(一定の圧力でレールを押し付けた状態で加熱し、その後レールが軟化して一体化を始める状態)から約3分間でレールが26mm短くなる。そのため、初押しから約3分間で扛上したレールを降下させていく。あらかじめ、レールを扛上する際に山越器の巻き上げ回数を記録しておきレール降下速度を逆算しておく。実施工では最もレールを扛上した場所で、巻き上げ回数が132回だったため、1秒間に0.7回山越器のハンドルを回すことによりレールを降下させる。

「レールが短くなりながら溶接していく3分間」と「レールが完全に降下させる3分間」の2つの作業が互いに連携することが最も重要である。

この手順で施工した結果、レール溶接作業とレール降下作業が互いに連携することにより、GPの進行に

合わせてレールを降下することができた。

溶接後は溶接部の磁粉探傷検査(溶接部に磁粉を吹きかけ、磁化器を当てることにより、傷がある箇所は磁粉模様を確認できる試験)を行い、品質上問題がないことを確認した(写真一4)。

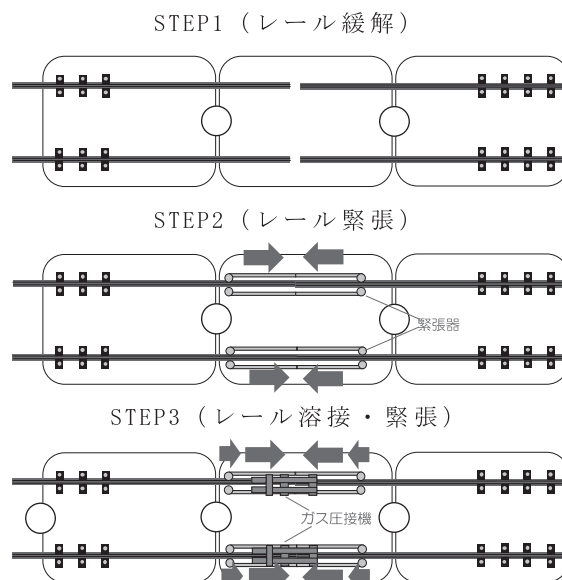


写真一4 磁粉探傷検査

(2) 緊張器を使用したガス圧接

緊張器を使用したGPは、緊張方式にてレールを緊張するが、GPのレール縮み量26mm分は溶接の進行に合わせて緊張を行うことによりEAによらない設定替が可能となる。緊張器を使用したGPのステップ図を図一4に示す。STEP1 (レール緩解) はレールを緊張する前に設定替区間の締結装置を緩解し、施工温度でのレールの長さにする。その後、レール温度を測定し、計画緊張力や計画伸び量の確認を行う。

STEP2 (レール緊張) はSTEP1で確認した必要な計画緊張力からGPで縮む26mm分を差し引いた緊張力を与え、溶接部のレール端面同士が密着することを確認する。



図一4 緊張器を使用したGP ステップ図

STEP3（レール溶接・緊張）はGPを開始し、初押しを確認してから、溶接部のレールが圧接され短くなる速度に合わせてGPで縮む26mm分の緊張力を追加で与える（写真—5）。

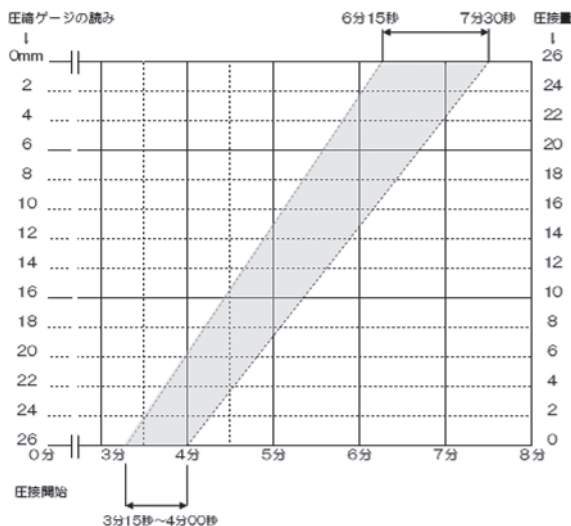
ガス圧接の施工管理は時間・圧縮曲線という指標を使用した（図—5）。時間・圧縮曲線は、縦軸に圧接量、横軸に時間経過をとったグラフである。ガス圧接の進行が着色の範囲に入っていれば、レールが正しく伸びていることが判断できる。施工時は、30秒ごとにレール溶接部の伸びを測定し、レールが正しく伸びていることを確認した。例えば、時間・圧縮曲線の許容範囲より図の左側へ逸脱した場合はレールが十分に軟化しない状態でジャッキによりレールを押し付けすぎている可能性がある。また、時間・圧縮曲線の許容範囲より図の右側へ逸脱した場合はレールが軟化しているが圧接力が足りず、レールの一体化が進まない状態で加熱を続け金属組織が変性した可能性が考えられる。

この手順で施工した結果、ガス圧接機と緊張器を同時に管理することで、GPによる設定替を行うことができた。

磁粉探傷検査に加え、本番の施工と同じ手順でテス



写真—5 緊張器を使用したガス圧接



図—5 時間・圧縮曲線

トピースを製作し、レール破断試験（テストピースを破断試験機にかけることにより、破断するまでの応力とたわみ量を測定する試験）を行い、品質上問題ないことを確認した（写真—6）。



写真—6 レール破断試験

6. 新たな設定替による効果

GPによる設定替が可能になったことにより、2つの効果が挙げられる。

1点目はレール溶接技術者不足への対応が可能になったことである。レール溶接技術者の技量に依存してしまうEAではなく、機械施工であるGPが可能になったことにより、レール溶接技術者不足の問題にも対応することが可能になった。

2点目はレール溶接自体の品質が向上したことである。設定替でGPを導入することにより、EAに比べ相対的に溶接品質が良くなった。

7. 施工による課題

今回、レール扛上によるGPと緊張器を使用したGPの2種類の施工を行い、今後の課題が判明した。

レール扛上によるGPでは、曲線部において扛上する際にレールが倒れる危険性が伴うため、更なる検討が必要であることが分かった。

緊張器を使用したGPでは、ガス圧接機と緊張器が連動する機械を使用し、より技術者の技量に依存しない設定替を行うことが重要であることが分かった。また、ガス圧接機が重量物であり、施工性が悪いことからガス圧接機を改良する必要があることも分かった。

今後、この問題を解消し、北海道新幹線に向けて導入を検討していく。

8. おわりに

今回、トンネル区間でレール扛上による手法と明かり区間で緊張による手法を用いてGPでの設定替を行った。施工前に綿密な打ち合わせを重ねることにより、大きなトラブルなく施工を行えた。また、両者とも溶接部において磁粉探傷試験やレール破断試験を行い、品質上問題がないことを確認した。

今回の取り組みは、レール溶接技術者不足という大きな問題に対して、新たな設定替手法の導入がこの問題の解決策の一つとなると考えている。

また、本稿で紹介した新たな設定替以外にもフラッシュバット溶接の導入や150mレールの導入を行うことを考えている。フラッシュバット溶接の導入は溶接機が自動的にレールを溶接するため、ガス圧接に比

べ技術者の技量に依存しない方法である。また、150mレールの導入は、レールを150mで製造した長さのまま運搬することで根本的に溶接口数を削減する方法である。

これらの3つの対策を実現させ、今後レール技術者不足に対しての環境を整備していきたいと考えている。

JCMA

【筆者紹介】

大崎 将裕 (おおさき まさひろ)
㈱鉄道建設・運輸施設整備支援機構
北陸新幹線建設局 敦賀鉄道軌道建設所
主任

