

THR溶接の施工標準化に向けた取組み

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○田中 健太郎
 同上 佐々 武彦
 同上 香山 智史
 株式会社峰製作所 正会員 加藤 篤史

1. はじめに

レール頭部傷を除去するテルミット頭部補修溶接法⁹⁾（以下、THR溶接）の施工標準化に向け、営業線への施工と経過観察が行われている。しかしながら、溶接不良時の処置方法やレール矯正による溶接部および補強用普通継目板取付け用の継目ボルト穴（以下、「ボルト穴」）、軌道状態への影響は検証されていない。そこで、想定されるレールの状態を再現し、その条件下でTHR溶接の施工および溶接部の性能評価を行った。本稿では、これらの取組み内容について紹介する。

2. THR溶接の施工概要

THR溶接の施工条件および試験内容を表1に示す。レールA、B、Cのボルト穴は、施工前に浸透探傷および寸法測定を行い、ボルト穴の傷や変形がないことを確認した。

表1 各レールの施工条件および試験内容

	状況	矯正方法	ボルト穴	試験内容
レールA（発生）	傷あり	なし	あり	水平裂を残存させ、疲労試験による性能評価
レールB（発生）	傷なし	矯正機法	あり	レールの矯正がボルト穴へ及ぼす影響を観察し、施工後疲労試験を実施
レールC（発生）	傷なし	扛上法	あり	矯正機を使用しない施工方法の検証 施工後、軌道モーターカーによる転動試験を実施

3. THR溶接の施工と仕上がり状態

レールAは、シェリング傷の水平裂を10mm残存させ、横裂は完全に取除くように切取範囲を設定し施工した（図1）。なお、連続傷およびレール底部腐食が存在していたため、矯正は行っていない。施工後、溶込み範囲を含む溶接部の超音波探傷検査は無級だが、外観検査ではレール母材と溶接部の境界に水平裂の残存を認め、不良と判定した。

レールBとレールCは、補強用普通継目板の中央にシェリング傷があることを想定し、2種類のレール矯正方法で施工した（図2）。その後、ボルト穴へ及ぼす影響および施工品質を確認した。なお、レールBは専用機器を使用した方法（以下、「矯正機法」）を、レールCはレールを110mm扛上した状態で施工し、

キーワード THR、テルミット頭部補修溶接法

連絡先 〒260-0017 千葉県千葉市中央区要町1-29 TEL043-252-7258

レール温度低下までその状態を維持する方法（以下、「扛上法」）である。両レールとも施工後に道床つき固めは行っていない。

仕上がり状態は、両レールともに溶接部の踏面測定、外観、超音波探傷検査は合格で、硬度測定に問題は認められず、ボルト穴の変形や傷の発生、施工前後の10m弦軌道変位に顕著な差異は認められなかった。レールCは、軌道モーターカーの転動試験後に再び同様の各検査を行った。いずれも状態の変化や顕著な差異は認められず、軌道モーターカーの動的荷重による溶接部前後での局所的なあおりはなく、走行あたり面も良好であった。以上より、2種類の矯正方法に施工品質の差はないことが確認できた。

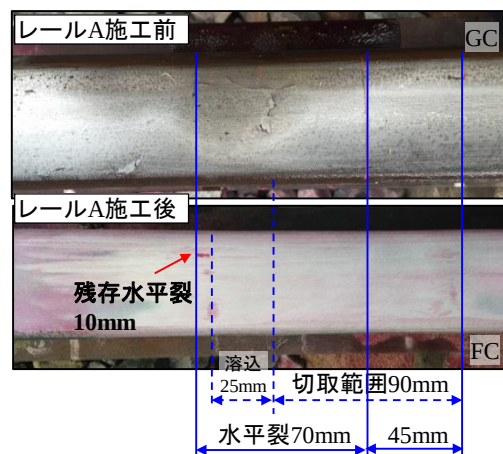


図1 レールA施工前後の外観写真



図2 2種類のレール矯正方法

4. THR溶接の性能評価

レールAとレールBは、THR施工後、溶接部の疲労試験を行い、疲労試験後のレール状態と溶接部の性能評価を行った。試験条件と結果を表2に示す。レール

ルAは破断に至ったので、破断面の観察を行った(図3)。観察の結果、溶接部および残存した水平裂、ボルト穴から亀裂進展は認められず、レール底部が疲労破壊の起点となり破断に至ったと推測される。

表2 疲労試験条件と結果

	最小 応力 [MPa]	最大 応力 [MPa]	全振幅 [MPa]	結果
レールA	30	350	320	16万2578回で破断 破面観察を実施
レールB	30	220	190	200万回後、外観 検査と浸透探傷検 査を実施 ボルト穴の変形は なし

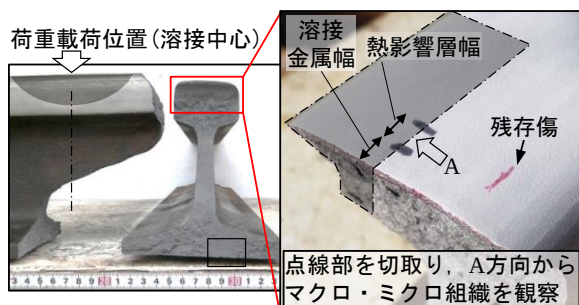


図3 レールAの破断面

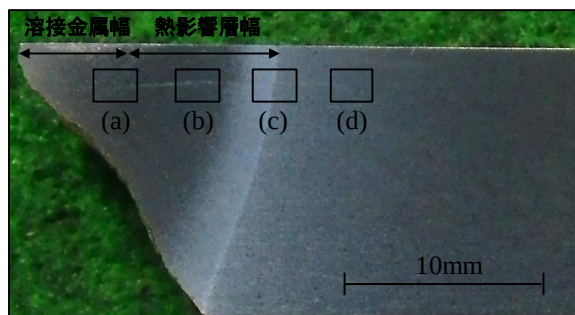
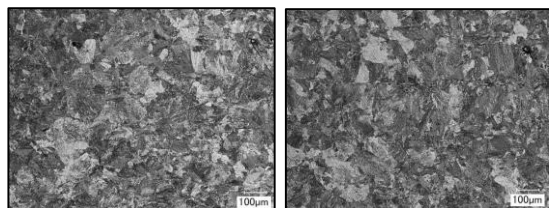
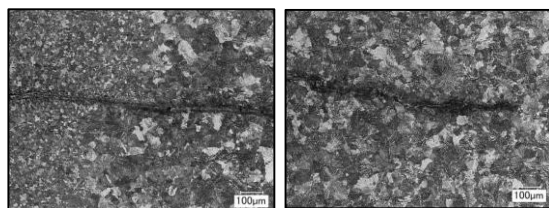


図4 マクロ組織の観察部 (A方向から観察)



(a) 溶接金属

(b) 熱影響層



(c) 熱影響境界部

(d) レール母材

図5 ミクロ組織

次に、水平裂への溶け込みを確認するために、図3に示す点線部でレール長手方向に切断し、水平裂のマクロおよびミクロ組織を観察した。図4に切断面とマクロ組織の観察部を、図5(a)～(d)にミクロ組織の写真を示す。レールの切取部から25mm程度の間は水平裂に対する溶接金属の溶け込みを、レール母材側は水平裂のままであることを確認できた。

レールBは、疲労試験後に外観検査および超音波探傷検査、ボルト穴の状態を確認した。疲労試験前後で顕著な変化は認められなかった。しかしながら、ボルト穴に傷等が存在している、もしくは、ボルト穴の面取り不足が認められる場合は、矯正時にその部位へ応力集中が考えられる。従って、施工前に浸透探傷検査でボルト穴の状態を確認し、施工可否の判断をするのがよい。その後、レール破断試験を行い、普通50Nレールの破断強度と同等の強度を有することを確認した。

レールAおよびレールBの結果から、溶込み範囲を含む溶接部の性能に問題はないことを確認した。

5. まとめ

THR溶接の施工標準化に向けた取組みを行った結果、THR溶接の施工および溶接部の性能評価について、以下の知見が得られた。

(1) 矯正機法、扛上法ともに施工品質に差はなかった。施工条件で、両者を使い分けることが望ましい。

(2) ボルト穴がある条件でも、矯正時の外的応力によるボルト穴の変形や傷の発生はなかった。また、溶接部およびボルト穴を含んだレール強度は普通レールと同等であった。従って、ボルト穴がある条件でTHR溶接を施工しても問題ないと考えられる。

(3) 疲労試験による結果から、溶接部および残存した水平裂から亀裂進展は認められなかった。また、破断状況から、レール頭部のみが破断し、欠線部が発生することがなかった。従って、THR溶接による溶接部の不良と判定した場合でも、補強用普通継目板の取付けによる処置でよいと考える。

今後の課題は、レール交換と比較したコストやリスク面などの施工マネジメントについて検証する必要がある。最後に、本取組みに際し、株式会社峰製作所殿に多大なる協力を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献: 1) 伊藤太初, 梅内一行, 寺下善弘, 辰巳光正, 山本隆一: テルミット頭部補修溶接法を用いたレール補修方法, 鉄道総研報告書, Vol. 28, pp41-46, No. 6, Jun, 2014.