

## THR 溶接の適用拡大 ～ベイナイトレールへの適用試験～

株式会社 峰 製作所 正会員 ○加 藤 篤 史

徳 島 慎 吾

九州旅客鉄道株式会社

大久保 健吾

### 1. 目的

THR 溶接は効率的なシェリング傷の除去を目的として公益財団法人鉄道総合技術研究所（以下、鉄道総研という）により研究開発が行われ、平成 26 年度から九州旅客鉄道株式会社（以下、JR 九州という）で試験敷設<sup>1)</sup>が開始された。試験敷設で良好な結果が得られたことから、平成 28 年度から THR 溶接を普通レールにおいて標準化された。現在のところ、普通レールのみの適用としているが、シェリング傷は特定のレール鋼種に限らず発生することから、その適用範囲を広げる必要がある。本試験においては JR 九州で敷設が進められているベイナイトレールについて、THR 溶接の適用可否について検討を実施した。

### 2. 課題と試験内容

ベイナイトレールはシェリング傷を抑制させる効果を持ち、普通レールよりもシェリング傷の発生に長い期間を要する。JR 九州では近年ベイナイトレールの敷設延長が伸びており、将来的にシェリング傷の発生が予想されるため、ベイナイトレールへの適用を検討することとした。

普通レールにおける THR 溶接の継手性能は普通レール用の H260 溶剤を使用して、鉄道総研により問題の無いことが確認された。このことから、ベイナイトレールにおいても適用する溶剤は実績のある H260 溶剤を用いることとし、溶接条件も同条件で試験を実施した。なお、ベイナイトレールと普通レールは化学成分が異なり、この影響を確認する必要がある。そのため、押抜き開始時間、空冷条件、矯正量について再確認を行い、適正な工法を検討した。また、継手性能を確認する試験として、静的曲げ試験および疲労試験を実施した。

### 3. 試験結果

ベイナイトレールに THR 溶接を適用した場合、熔融金属（高炭素系）にベイナイトレール（中炭素合金系）の化学成分が熔融するため、押抜き開始時間に変更が生じる可能性がある。このため、押抜き開始時間の確認を行った。8 分 30 秒で押抜きを開始した結果、余肉の凝固状況に異常は認められず、押抜き割れも認められなかった。以上より、普通レールと同様の押抜き開始時間で作業が可能であることがわかった。



図 1 溶接試験状況

表 1 ベイナイトレールにおける THR 溶接条件例(60kg レール)

| ガス切取り量 |      | ガス圧力    |         | 予熱時間  | 反応時間 | 押抜き<br>開始時間 | 空冷 |
|--------|------|---------|---------|-------|------|-------------|----|
| 幅      | 深さ   | 酸素      | プロパン    |       |      |             |    |
| 90mm   | 25mm | 0.32MPa | 0.08MPa | 180 秒 | 20 秒 | 8 分 30 秒    | 無し |

次にベイナイトレールにおける空冷条件を選定するため、空冷有りと空冷無しの条件で溶接を実施した。空冷をした場合は溶接金属部のショア硬さが 50HS を超えた。一方、空冷無しの場合は普通レールの THR 溶接で認められるような溶接金属中央部の軟化は認められず(図 2)、母材レールと溶接金属部の硬さを比較すると、わずかに溶接金属部が上回っていた。このことから、空冷無しの場合でも良好な硬さ分布が得られることがわかった。

キーワード THR 溶接, ベイナイトレール

連絡先 〒811-3102 福岡県古賀市駅東 4 丁目 1-1 (株) 峰製作所 技術研究所 TEL 092-944-5005

適切な矯正量を確認するため、長さ 11m のレールで矯正機を用いた溶接試験を実施した。普通レールと同様の矯正を実施し、踏面測定器により研磨後の高低状況を確認した。いずれも仕上り基準値+0.5mm から-0.1mm の範囲内であり、ベイナイトレールにおける矯正量は普通レールと同様で問題ないことがわかった。

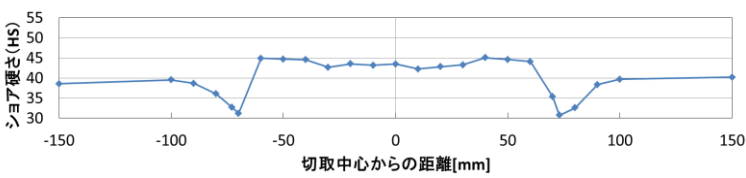


図 2 頭頂面ショア硬さ分布（空冷無し）

4. 非破壊検査

THR 溶接部の傷の有無について確認するため、非破壊検査を実施した。その結果、外観状況および浸透探傷検査で傷が認められた。欠陥位置は全て鑄込み側であり、R 部にスラグ巻き込み（図 3）、頭側面に巣（図 4）が認められた。超音波探傷検査においては、頭頂面からの 1 探法と頭側面からの 2 探法を実施し、判定基準である 2 級を超えるエコーは検出されなかった。なお、外観状況および浸透探傷検査で認められた傷について超音波探傷検査で検出されなかったことから、表面傷であり内部に傷はないものと考えられる。

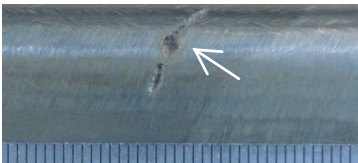


図 3 R部の外観状況

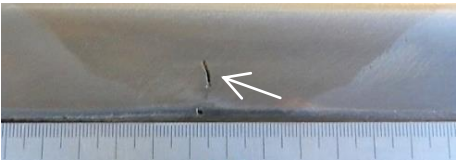


図 4 頭頂面の外観状況

5. 静的曲げ試験

THR 溶接部の静的曲げ強度を確認するため、底部引張（以下、HU という）と頭部引張（以下、HD という）条件で曲げ試験を行った。その結果、HU では伸びが大きく破断に至らなかった。HD では最大荷重 1375kN、たわみ量 15mm で破断した。ともに最大荷重とたわみ量はテルミット溶接部の基準値（荷重：1100kN 以上、たわみ量：HU 10mm 以上 HD 13mm 以上）を超えており、十分な強度があることがわかった。

表 2 静的曲げ試験結果

| 破断姿勢 | 最大荷重   | たわみ量  | 結果   |
|------|--------|-------|------|
| HU   | 1850kN | 102mm | 破断せず |
| HD   | 1375kN | 15mm  | 破断   |



図 5 破断面

6. 疲労試験

THR 溶接部の疲労強度を確認するため、疲労試験を実施した。設定する応力全振幅を 60kg 普通レールのゴールドサミット溶接部の疲労限度とされる 225.4MPa として疲労試験を実施し、200 万回を達成した。このことから、ベイナイトレールを適用した THR 溶接部は 60kg 普通レールのゴールドサミット溶接部と同等以上の疲労強度を有することがわかった。

表 3 疲労試験結果

| 荷重 (kN) |       |       | 応力 (MPa) |       |       | 破断の有無           |
|---------|-------|-------|----------|-------|-------|-----------------|
| 最小      | 最大    | 全振幅   | 最小       | 最大    | 全振幅   |                 |
| 47.5    | 404.2 | 356.7 | 29.4     | 254.8 | 225.4 | 2,000,000 回破断せず |

7. まとめ

ベイナイトレールにおける THR 溶接の適用可否について検討を実施した結果、溶接条件は普通レールとほぼ同条件で溶接が可能であることがわかった。空冷については硬さ試験結果より、空冷処理を行わない場合でも、良好な硬さ分布をとることがわかった。溶接後の継手性能確認においても十分な強度があることが確認されたものの、外観状況および浸透探傷検査で表面傷が認められた。このことから、今後は表面傷の防止について検討を行っていく必要がある。

参考文献

・ 1) 西本晋平：レール頭部補修溶接 (THR) の検証，日本鉄道施設協会誌 P46，2015. 05