

鉄道一般

車両

軌道

構造物

防災

電力

信号通信
情報

材料

環境

人間科学

浮上式鉄道

レール継目部の 継目落ちを改善する

レール継目部は軌道の弱点箇所であり、列車通過時の衝撃により継目落ちが発生します。継目落ちを放置すると軌道状態は悪化の一途をたどるため、保守量が軽減できる継目落ち対策法の開発は、最小投資で軌道維持を行う必要があるローカル線で期待されています。ここでは、車輪乗り移りの円滑化の観点から、頭頂面形状を改善するためにレール溶接技術を応用して開発したユニークな端部バッター矯正法および継目板補強溶接法について紹介します。

継目落ちとは

継目落ちとは、図1に示す継目板を介して定尺レールをボルトで接続したレール継目部に生じる不整の一つでレール頭頂面に落ち込みが生じることと定義されています。レール継目部の曲げ剛性はレール本体の約1/3しかないため、列車荷重による曲げ変形が大きくなり、道床沈下やレールくせが発生して継目落ちとなります。そして継目部への車輪の衝撃が一層大きくなり、継目落ちはさらに成長していきます。

この継目落ちは、軌道変位の急進や軌道材料の劣化につながり、乗り心地を悪化させるとともに保守周期を短縮させる原因となります。ローカル線では、大規模な設備更新や改造・改良は経営的に困難であるため、現行の構造を基に低廉な対策を施すことで保守量

の低減や材料の延命化を図ることが課題となっています。

既存の継目形状改善策

過去に実施された地方交通線の軌道保守に関するアンケート調査によると、継目部の補修・強化方法としては、中高継目板（異形継目板の一種で中央部を上方に湾曲させたもの）の使用が最も多く採用されています¹⁾。図2には普通継目板および普通継目板から調整量1mmの中高継目板に取り替えた場合の1mスパンでのレール継目の高低形状の変化の一例を示します。

普通継目板を装着したレール継目では、遊間のある中央部に向かってレールが徐々に落ち込み、レール端で-1.4mmの落ち込み量となっています。さらに、遊間から前後50mm程度の

レール端部では局部的なつぶれ（摩耗）が発生しています。この局部摩耗を端部バッターと呼びます。このように、レール頭頂面が沈み込む長波長の落ち込みとと



寺下 善弘
Yoshihiro Terashita
軌道技術研究部
レール溶接研究室
副主任研究員
[専門分野] レール溶接
の施工・検査



辰巳 光正
Mitumasa Tatsumi
軌道技術研究部
レール溶接研究室
室長
[専門分野] レール溶接
の施工・検査

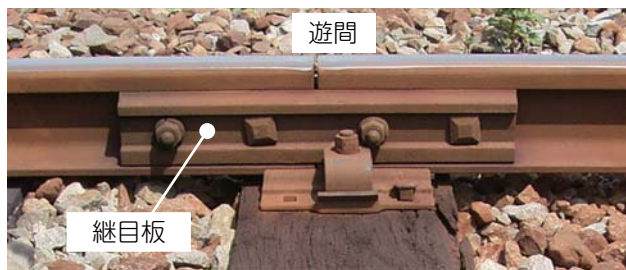


図1 レールの継目部

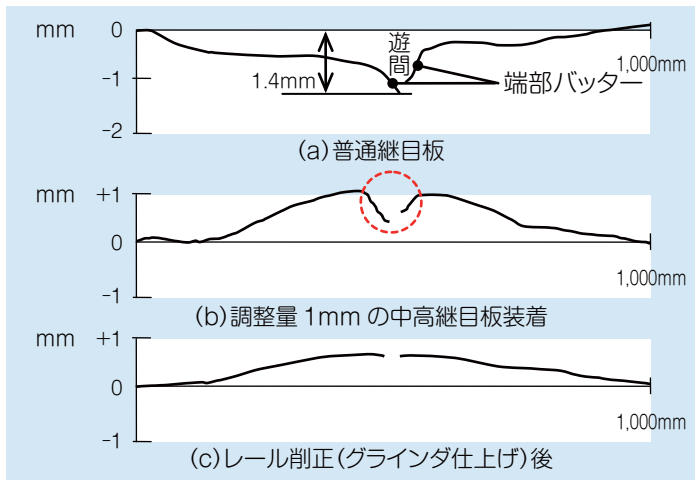


図2 中高継目板への取り替えとレール削正による端部バッターの平滑化の例

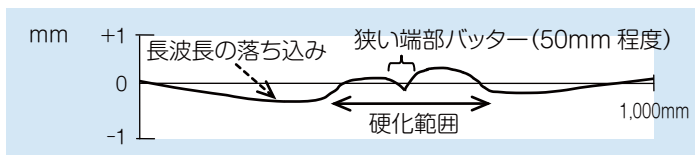


図3 EHレール継目(普通継目板)の高低形状(単線区間: 累積約50百万トン)

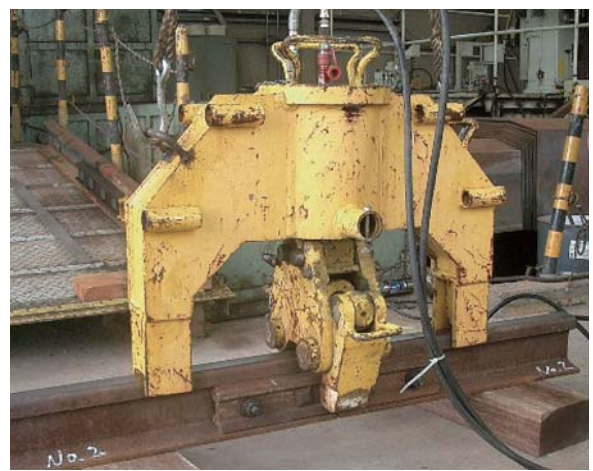
もに長さ100mm程度の端部バッターが発生する形態は、普通レールにおける典型的な継目落ちの高低形状です。

一方、中高継目板を取り付けた継目では、遊間に向かう落ち込みは解消され、盛り上げる形状となっています。このように、既設継目板の中高継目板への交換は、継目形状改善策としては最も簡便で効果のある対策となります。しかしながら、遊間を挟んだ100mm程度の端部では、普通継目板を装着した継目部と同様の端部バッターが残っています。そこで、最近では端部バッター発生部前後のレール頭頂面をグラインダで研削し、平らにするレール削正作業が行われています。これによると、図2(c)に示すように長さ約100mm、深さ1mmの端部バッターは消滅し、平滑な頭頂面形状が得られます。なお、この作業に要する時間は、レール溶接技術者などの熟練工によっても25分程度を必要とします。

図3には、レール端部を強くするため、レール頭部を硬くした端部熱処

理(以下、「EH」)レールにおける継目の高低形状の一例を示します。普通レールの継目と比較すると、普通継目板であっても長波長の落ち込み量が軽減され、遊間から前後150mmの範囲ではこぶ状に盛り上がっています。EHレールは、レール端部から150mm程度の範囲が焼入れ硬化されているため、その硬化範囲で落ち込みが抑制されるとともに、端部バッターの発生範囲も約50mmと狭くなっています。このことから、継目落ちおよび端部バッターを抑制するには、EHレールと同様な端頭部の焼入れ硬化が一つの方策と考え、後で紹介する端部バッター矯正法を考案しました。

図4には、継目板を強制的に曲げ変形させるレール継目落ち整正器の一例を示します。継目板クランプ方式の整正器²⁾では、継目まくらぎの移動やバラストのかき出しなどの前工程作業が不要であり、作業時間が短くなっています。現在ではJR西日本などで使用されています。このようなレール継目



(a)工場内における矯正試験の状況



(b)450kNで整正後の継目の外観

図4 レール継目落ち整正器による継目矯正作業

落ち整正器では、レールそのものが曲げ矯正されるのではなく、図4(b)のように取り付けている継目板が中高継目板と同じような凸形状に曲げ変形されます。ローカル線などではレール交換に伴う新旧レールの境界に段差のついたレール継目が存在し、既に段違い用の異形継目板が投入されている箇所が多くあります。段違いの異形継目板が装着された継目は、継目落ちを生じても中高継目板に取り替えることができないため、いずれの継目板でも矯正可能なレール継目落ち整正器は、継目形状改善策として有効な手段の一つと考えられます。なお、最近では段違い用の異形継目板と継目落ち用の中高継目板を組み合わせた「特殊異形継目板」が開発³⁾されており、現地敷設試験において継目落ちを矯正できることが確認されたことから、JR四国において実用が始まっています。

一般的な施工法ではありませんが、端部バッターの程度がひどく、端部の頭頂面がはく離れた箇所(端欠けと

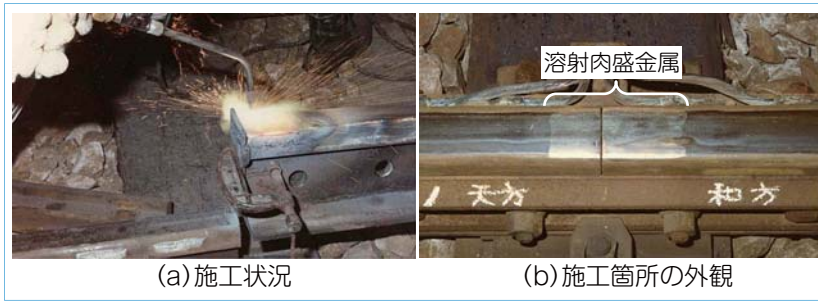


図5 ガス溶射肉盛法の施工状況と施工箇所の外観

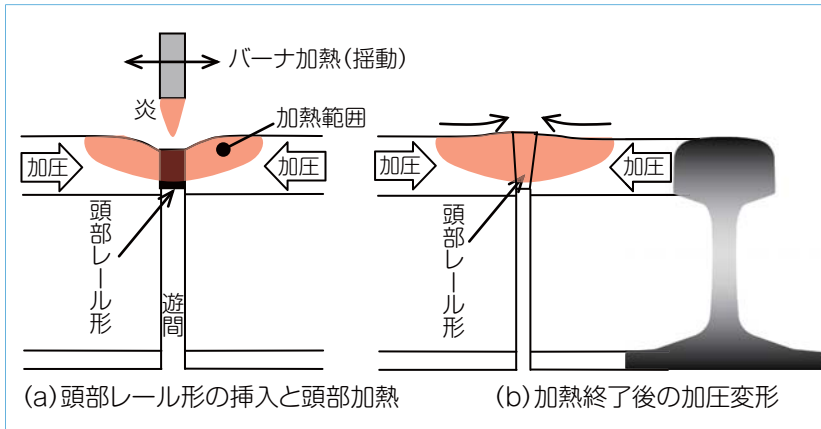


図6 ガス圧接技術を応用した端部バター矯正法のイメージ

呼ばれる) などに対してガス溶射肉盛法⁴⁾が適用される場合があります。

図5にはガス溶射肉盛法の施工状況と溶射肉盛法適用箇所の外観を示します。頭頂面において白く輝いて見える範囲がNi-Cr基をベースにした鉄系の溶射肉盛金属です。JR北海道では年間100箇所程度の継目端部が本法で補修されており、特殊な溶接技能を要しますが、有効な継目形状改善策の一つになっています。

端部バター矯正法

中高継目板や継目板の曲げ矯正により継目のレール端部を持ち上げ、レール削正を行えば継目形状を平滑にすることが可能ですが、広範囲のレール削正にはかなりの時間を要します。このため、削正時間短縮とともに、継目落ち抑制策として端頭部の硬化(EHレール化)を実現する「端部バター矯正法」を考案しました。

端部バター矯正法は、図6に示すように頭部の遊間に頭部レール形を挟み込み、継目のレール端部を頭頂面上方から加熱し、加圧変形させて端部の局部落ち込みを膨らませる方法です。これはガス圧接技術を応用したもので、頭部のみにレール形を挟み込むことで変形が可能となります。またこの方法では、レール端頭部を1,000℃以上の高温に加熱するため、加熱変形直後に強制空冷(緩速焼入れ処理)を開始すれば、EHレールと同等の頭頂面硬さの硬化域を得ることができ、継目落ちの抑制が期待されます。

考案した端部バター矯正法には、図7に示すレールを締結緩解のみの敷設状態で引き寄せる(加圧する)ことができ、頭頂面上方からの加熱を可能にするねじ式の遊間整正器を加圧装置とし、加熱バーナーにはレール溶接施工会社が所有するゴールドサミット溶接(GS)用の予熱バーナーを使用して



図7 使用装置と変形後の端部頭部形状

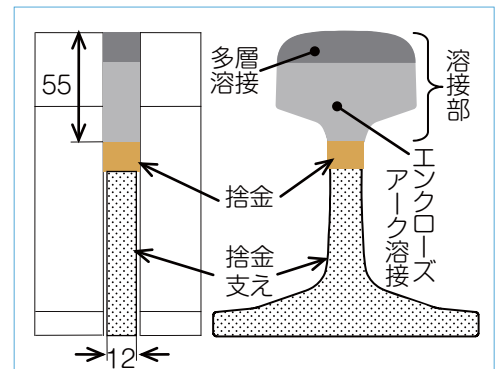


図8 継目板補強溶接法の溶接部位

います。また、強制空冷装置には頭部熱処理レール溶接部の後熱処理作業で使用される機器(RH2-DHH)を用いています。

継目板補強溶接法

レール溶接による継目落ち抑制効果は高いものの、ロングレール化には多くのコストを必要とすることから、ローカル線には適用しにくいのが現状です。そこで、レール継目部下のまくらぎを撤去することなしに施工できる50mレール化の方法として、腹部上部から頭部領域のみをエンクローズアーク溶接(☞参照)で接合し、継目板で補強するアーク溶接法(以下、「継目板補強溶接法」)を考案しました。図8には、継目板補強溶接法の溶接部位を示します。また、図9には溶接用の継目板と水冷銅当金あてがねによる溶接試験の実施状況と溶接部の断面マクロ組織を示します。50kgNレールの溶接所

要時間は、一般的なエンクローズアー
ク溶接法の1/3程度の約20分で、底
部の多層溶接を省略する時間短縮効果
が大きいことがわかりました。ただし、
捨てがね
捨金から溶接を開始するこの溶接法で
は、捨金部に融合不良が生じることか
ら、捨金を含む溶接開始部をレール
せんこう
穿孔機によって除去することにしまし
た。溶接部は頭頂面下55mmの腹部
までであり、欠陥除去穴から下方は空
隙となっています。

なお、継目板補強溶接法による継目
の継手強度を評価するため、レール軸
力を想定した水平荷重を付加した4点
曲げ疲労試験（水平荷重400kN／垂直
荷重30～150kN）を実施し、敷設試
験に供しても問題を生じないことを確
認しました。

本線における敷設試験

JR西日本の福知山線およびJR四国
の土讃線において、端部バッター矯正
法および継目板補強溶接法の試験施
工を実施しました。

図10には、端部バッター矯正法の
施工状況を、図11には端部バッター
矯正法施工直後および平成23年10月
（敷設後7年）に測定した1mスパンで
の高低形状と頭頂面の外観を示しま
す。当該試験箇所では、敷設後年1回
程度の追跡調査を継続して実施して
おり、施工から7年（累積約25百万トン）
が経過しても、端部バッター矯正法を
施工した継目は、中高継目板を取り付
けてレール削正を施した箇所比べて

エンクローズアー ク溶接

1954（昭和29）年頃オランダで開発
された高能率手動アー
ク溶接法で、接
合する部材の周囲を銅ブロックで取り
囲んで溶接を行うことから、この名で
呼ばれています。レールの溶接の場合
には、腹部から頭部の溶接がエンク
ローズアー
ク溶接となります。

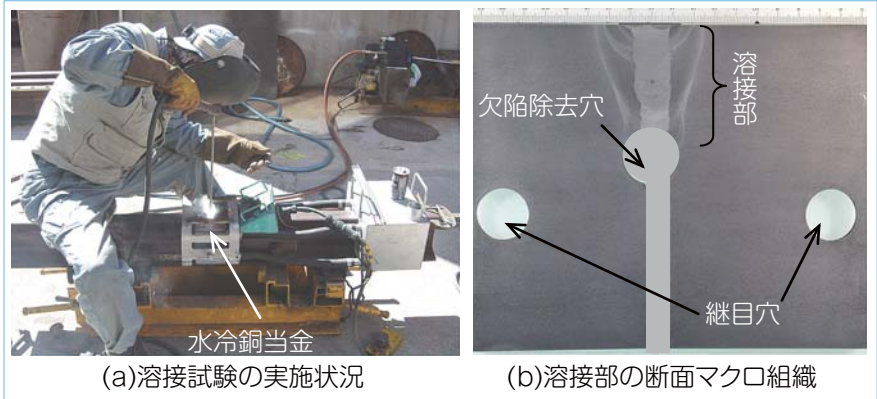


図9 溶接治具による溶接試験状況と断面マクロ組織

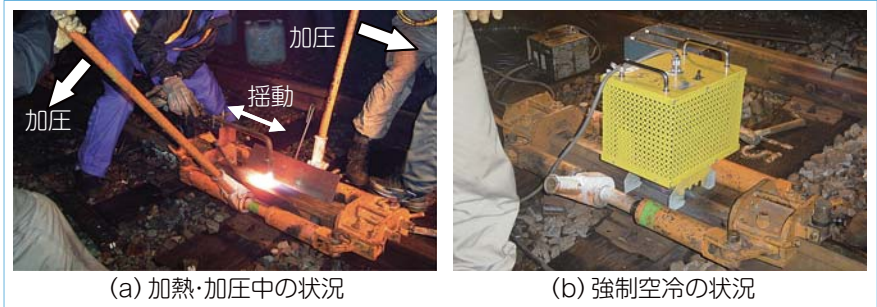
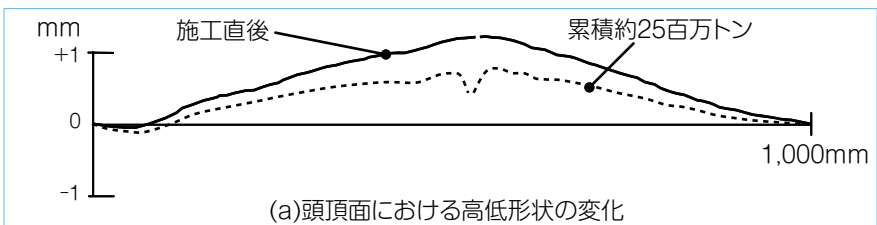


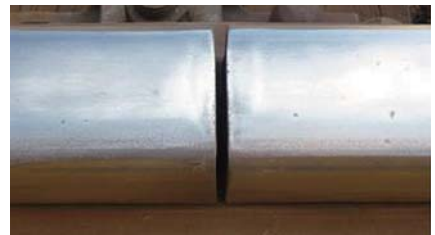
図10 端部バッター矯正法の施工状況（土讃線）



(a)頭頂面における高低形状の変化



(b)施工直後の頭頂面外観



(c)施工7年後の頭頂面外観

図11 端部バッター矯正法を施工した継目部の変化（土讃線）

端部バッターの形成および進行が遅く
なっていることを確認しています。

おわりに

紹介した継目形状の改善策とは別に、
継目部下の道床および路盤の修繕・強
化法が開発されています⁵⁾。これらが
併せて実施できれば、さらに持続効果
の高い継目落ち対策法になると考えて
います。RRR

文献

- 1) 古川 敦：地方交通線における軌道の
保守，RRR，Vol.61，No.3，2004
- 2) 相沢英教：継目落ち整正器の効率的
な活用策，新線路，53巻，第1号，
1999.1
- 3) 片岡宏夫：特殊異形継目板，RRR，
Vol.68，No.11，2011
- 4) 石川和雄：レール端部ガス溶射肉盛工
法，新線路，52巻，第1号，1998.1
- 5) 堀池高広，他：レール継目部の沈下対
策工法の開発，鉄道総研報告，Vol.17，
No.2，2003.2