

S2-1-5

高マンガン鋳鋼製クロッシングの材質改善

[土] ○若 月 雅 人 (東日本旅客鉄道 (株))

梅 村 孝 雄 (大同キャスティングス (株))

Quality of the material improvement of High manganese steel crossing

Masato Wakatsuki, Member (East Japan Railway Company)

Takao Umemura

(Daido Castings Co., Ltd.)

We developed new Movable nose crossing. In it, we carried out the basic examination for the quality of the material improvement of high manganese steel. A defect tended to generate crossing made from high manganese steel in a cross-sectional change part or a thick portion, and it was checked that the portion serves as the starting point of a crack. It became clear that the quality control at the time of the crossing manufacture made from manganese is important as a result of the examination. Moreover, it became clear that casting temperature, cooling speed, and the crystal particle diameter of material correlate as a factor which influences the quality of the material and material intensity.

キーワード：高マンガン鋳鋼、分岐器、ノーズ可動クロッシング、マンガンクロッシング、可動レール

Keyword: High manganese steel, Turnout, Movable nose crossing, Manganese crossing, Movable rail

1. はじめに

J R東日本では、分岐器部材の損傷防止と省メンテナンス化に取り組んでいる。このうち高マンガン鋳鋼製ノーズ可動クロッシングの材質面の改善や、形状変更を取り入れた、新しいノーズ可動クロッシングの開発を行ってきた。この開発の一項目として、材料である高マンガン鋳鋼の特性を研究し、高マンガン鋳鋼製クロッシング類（以下、マンガン製クロッシング）の材質向上にも取り組んだ。

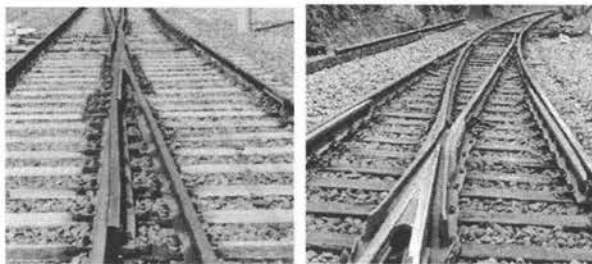
分岐器のクロッシング（図1）に用いている高マンガン鋳鋼は、表面強度が高く強靱で、傷の進展が遅い利点がある反面、製造時の欠陥等があると断面変化部や肉厚

部等でガスや空気を主成分とした空隙である鑄巣が発生しやすく、そこが損傷の起点となって傷が進展する場合があることから、製造時の品質管理が重要である。

今回、製造メーカーと共同で実施したマンガン製クロッシングの材質面での品質向上を目的とし、各種基礎試験について報告する。

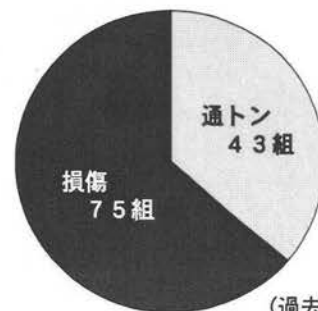
2. 現行構造の問題点

現在、新幹線で使用しているノーズ可動クロッシングの交換周期は、累積通過トン数（以下、通トン）1.8 億トンを基準としている。一般レールの6 億トン（60 レール定尺区間）と比較するとはるかに短い、過去の損傷



【ノーズ可動クロッシング】 【マンガンクロッシング】

図1 測定箇所の外軌摩耗量と通トンの関係



(過去8年分)

図2 ノーズ可動クロッシングの交換原因

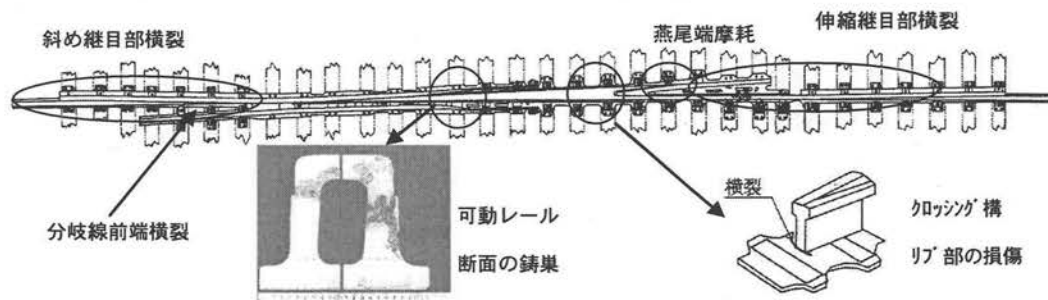


図3 ノーズ可動クロッシングの損傷発生箇所

発生時の実績から算出されたものである。その理由としては、複雑な形状による応力集中の発生や、多数部品の組合せによる損耗が材料寿命を短くしているものと考えられる。これに対して、製造メーカー側でも可能な対策をその都度実施してきたが、完全には防止できていないのが現状である。

図2は、近年におけるノーズ可動クロッシングの交換実績を原因別に整理したものである。これによると、交換数の約7割が通トン基準に達する前に、部分的な損傷等で交換されている。おもな損傷の発生箇所を図3にまとめた。

また、おもに在来線で使用されているマンガンクロッシングについても、ある年度の交換実績を、交換時の通トン毎に整理すると図4のとおりとなる。これを、交換原因別に分類したものを図5に示す。これによると、部分的な損傷や摩耗等により交換されていることがわかる。交換時の平均通トンを出算すると、60 レール用で 254 百万トン、50N レール用が 146 百万トンと言う結果であった。マンガンクロッシングでは、通トンでの交換基準は特に定められてはいないが、一般レールの基準と比較すると低い数値となっているのが現状である。

マンガン製クロッシングは、分岐器部材の中でも高価なため、交換周期の長短は修繕コスト面でも大きな要因ともなっている。

3. 材質改善基礎試験

マンガン製クロッシングの材料強度に影響している要因を確認するため、ノーズ可動クロッシングの構成部材である可動レールを主に使用して各種の基礎試験を行った。

3.1 試験内容

鉄道で使用している高マンガン鑄鋼（SCMn3鋼）では、理想的な条件で作製した試験片（JISG0307で定めたJIS供試体）（図6）による回転曲げ疲労試験（以下、疲労試験）（図7）から求めた疲労強度は、過去の試験結果より 300MPa 程度あるのに対して、今回実施した可動レ

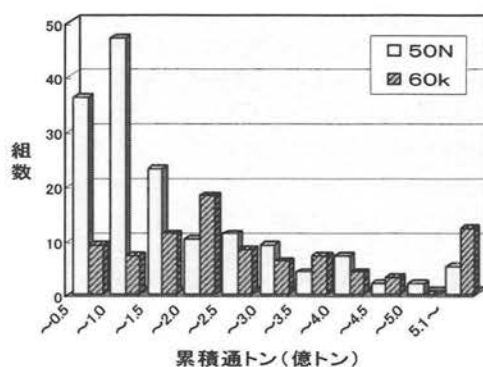


図4 マンガンクロッシング交換時の通トン（2002年）

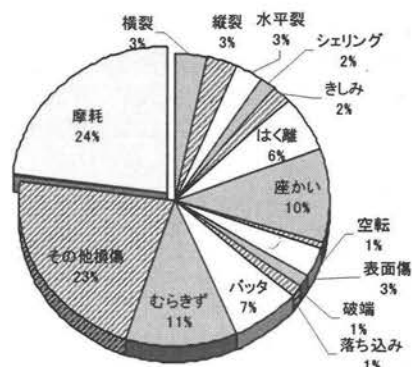


図5 交換原因別分類

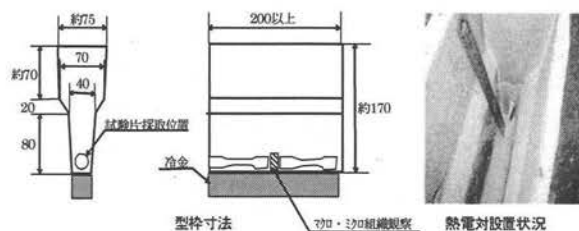


図6 JIS供試体試験片

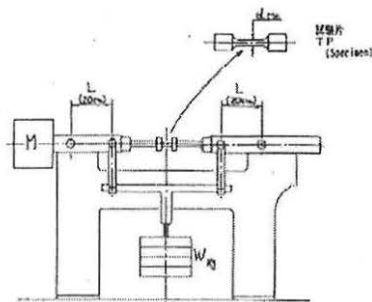


図7 回転曲げ疲労試験方法

ール等の実体鋳造品で作製した同様の試験片（以下、製品試料）の試験結果では、10%程度も疲労強度が低下することが確認された。この原因として、実体鋳造品では、鋳込み時に発生するガス等の微細な空隙（以下、マイクロシュリンケージ）や鑄巣が原因となっているためと考えられる。

今回、現場から発生した可動レールや在来線用マンガククロスING損傷品、材質試験用に製品と同条件で作成した可動レールの分析結果から、製品の品質や疲労強度に影響する要因として、

- 鋳造時の鋳込み温度
- 鋳込み後の冷却速度
- 結晶粒径

が相関していることが判明した¹⁾。以下に基礎試験の結果を述べる。

3.2 試験結果

(1) 材料強度と結晶粒径の関係（図8）

理想的な鋳造条件で作成されたJIS供試材では、結晶粒径の増大とともに材料強度が改善されることを確認した。製品試料の場合、結晶粒径の増大により材料強度が低下する傾向を示した。この原因は、マイクロ組織調査から、マイクロシュリンケージが粒径の増大により多くなるためと推定される。

(2) 結晶粒径と鋳造温度の関係（図9）

JIS供試材では鋳込み温度の上昇により、結晶粒径の増大を確認した。製品試料では相関が確認できなかった。ただし、鋳込み温度が低い場合には、製品試料、JIS供試材とも微細な結晶粒径であった（図10）。

(3) 冷却速度と結晶粒径

鋳込み後の冷却速度促進に使用している「冷金」の効果については、組織調査で効果が確認できた。「冷金有り」の場合にマイクロシュリンケージの発生が少なく、「冷金無し」の場合より材料強度が増大することが判明した。

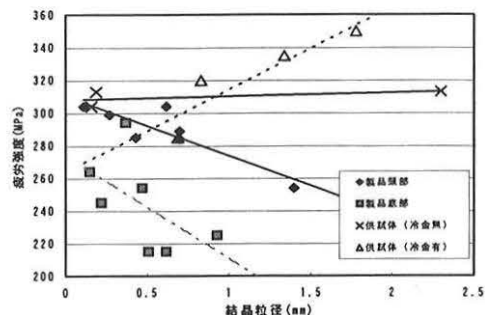


図8 材料疲労強度と結晶粒径

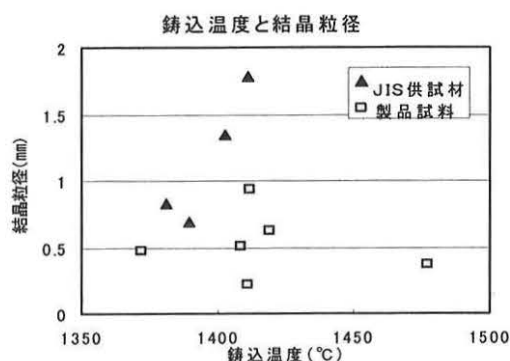


図9 結晶粒径と鋳造温度

(4) 実体組織調査（図11）

材質試験用に製作した可動レール全長を8分割し、その切断面を研磨、硫酸処理した後、断面をマクロ、ミクロ（×25倍）で観察した。その結果、頭部側に比較して底部側でマイクロシュリンケージの発生が多く、表層から深くなるにつれ結晶粒径が粗い傾向がある。また、鋳込み時の到達温度が低い先端側では結晶粒径が細かく、断面変化部や肉厚部付近では鑄巣が発生している。

また、今回の新しいノーズ可動クロスINGの開発で、可動レール製造に新たに採用した、「可動レール鋳造性

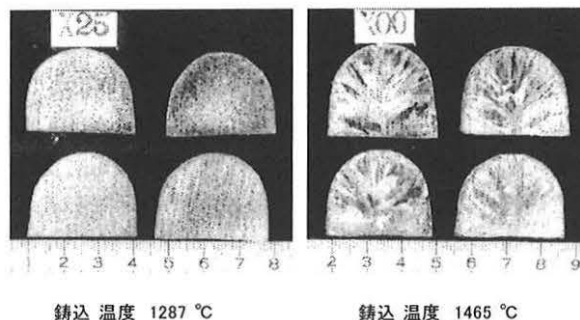


図10 鋳造温度による結晶粒径の相違

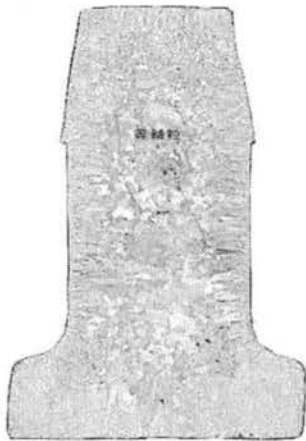


図 11 可動レール先端側の組織状態

良好断面化（可動レール先端部の I 形断面化）」と「可動レール踏面全面冷金方案」について、切断面の内部組織調査や材料の疲労試験の結果から、所定の効果を確認できた。

4. まとめ

以上の基礎試験の結果から、次のことが判明した。

(1) 材料疲労強度

- ①実体の疲労強度は J I S 供試体に比べて約 10%低下した。
- ②ミクロシュリンケージが疲労強度に大きく影響している。

(2) 鑄造時温度

- ①鑄型内での温度低下を考慮すると、鑄造時温度は 1495～1515℃が適温である。

(3) 結晶粒径と内部組織

- ①鑄造時温度が低い場合、結晶粒径が細かく疲労強度が低い傾向である。
- ②表層から深くなると結晶粒径が粗くなる傾向がある。
- ③断面変化部、肉厚部で比較的大きな鑄巣が発生している。

(4) 製法効果

- ①「踏面全面冷金」鑄造方案で、表面下 30 mm 程度までミクロシュリンケージの発生抑制が可能された。

5. おわりに

製造メーカーと共同研究として取組んだ材質改善のための各種基礎試験の結果、鑄造時の鑄込み温度が、ミク

ロシュリンケージや鑄巣の発生などの内部組織の状態や材料疲労強度に大きく関係していることが判明した。現行の鑄造温度 (1460℃～1490℃) を約 40℃ 上げることで、鑄型内での温度低下分を補償し、先端部分でも液相線 (1385℃) 以上を確保でき、内部組織状態と材料疲労強度の改善が可能との結論である。ただし、鑄型の耐火性や凝固バランスの変化による鑄巣の増大などの解明すべき問題もある。

また、材料強度においては実体から切出した製品試料と J I S 供試体では、試験結果が異なる傾向があったり、実体の部位により結晶粒径や組織状態が大きく異なることが判明した。

製品の材質改善に向けては、これらについての対策を確立する必要があり、今後も研究を継続する計画である。

最後に、製造メーカーの立場として、マンガン製クロッシングの材質改善のための一連の基礎試験や、新しいノーズ可動クロッシングの開発に共同で取組んできた、大同キャスティングス(株)の皆様に対して謝意を表します。

参考文献

- 1) 若月雅人:マンガンクロッシング品質改善の取組み、第 59 回土木学会年次学術講演会、2004.9