講演概要　ノーズ可動クロッシングの頭頂面傷の実態調査と管理手法について

青木　宣頼[1]・土井　邦弘[2]・寺下　善弘[3]・田村　裕太[4]・井上　靖[5]

[1]正会員　東日本旅客鉄道株式会社テクニカルセンター（〒331-8513 さいたま市北区日進町 2-479）
E-mail: f-aoki@jreast.co.jp

[2]東日本旅客鉄道株式会社首都圏本部鉄道事業部（〒114-8550 東京都北区東田端 2-20-68）
E-mail: ku-doi@jreast.co.jp (Corresponding Author)

[3, 4]正会員　（公財）鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部（〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38）
E-mail: terashita.yoshihiro.21@rtri.or.jp tamura.yuta.44@rtri.or.jp (Corresponding Author)

[5]株式会社大同キャスティングス　生産本部名古屋事業所（〒455-0022 名古屋市港区竜宮町 10 番地）
E-mail:y-inoue@d-cast.jp

近年，JR 東日本管内の新幹線に敷設されているマンガン鋼製ノーズ可動クロッシングの頭頂面にこれまで顕在化していなかった傷が発生している．従来より用いられているクロッシングの管理基準では，外観上の有害な欠陥の有無が交換の判断基準となっており，その判断にばらつきが生じている．また，交換費用も高額であるとともに，安全に直結する部材であることから，明確な判断基準が求められている．そこで，まず傷の発生状況を把握するとともに，定量的な検査手法の確立を目指し，傷の実態調査を実施した．調査の結果，観察された代表的な傷について紹介するとともに，これまで改良型を含むマンガン鋼製クロッシングへの適用が困難とされた超音波探傷検査がき裂の検査手法として有効であることを確認した．

Key Words: *swing nose crossing,RCF,ultrasonic test*

1.　はじめに

近年，JR 東日本管内の新幹線に敷設されているマンガン鋼製ノーズ可動クロッシングの頭頂面にこれまで顕在化していなかった傷（レールに発生するシェリングに類似した形態）が発生している(図-1)．現行のクロッシングの管理基準では，外観上の有害な欠陥の有無が交換の判断基準となっており，その判断にばらつきが生じている．また，交換費用も高額であるとともに，安全に直結する部材であることから，明確な判断基準が求められている．そこで，まず傷の発生状況を把握するとともに，定量的な検査手法の確立を目指し，傷の実態調査を実施した．本文では JR 東日本で導入している改良型ノーズ可動クロッシング（以下「改良型クロッシング」[1)]と記す）の状況について紹介するが，従来型にも同様の傷が発生している．

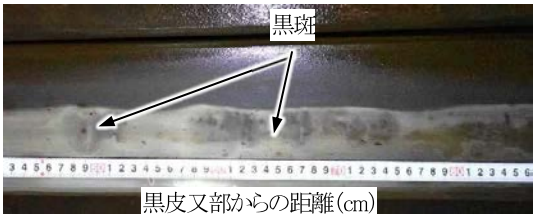


図-1　頭頂面に発生した傷

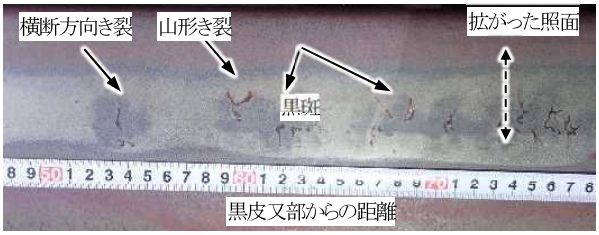
2.　傷の発生状況

JR 東日本では，構造強化および省メンテナンス化を図った改良型クロッシングを開発し，2006 年から営業線で導入している．このクロッシングは従来型クロッシングの損傷事例に基づき，形状および製造方法を変更したものであり，従来型の応力集中部が改良され，構造強化を達成している．これまでの，従来型クロッシングの累積通過トン数（以下，「通トン」と記す）による交換基準は 1.8 億トンとしてきたが，改良型クロッシングの導入が進んでいることから通トンによる交換基準を 2.5 億トンまで延伸した．しかしながら，通トンによる交換基準に至る前に，図-1 に示すような傷が発生し，交換に至ったクロッシングが全体の 36%であった．

図-2 に改良型クロッシングの各部位に対して実施した

浸透探傷検査で観察された表面傷の代表的な形態を示す．頭頂面に発生した表面傷は，主にノーズレールおよびクロッシング前後端継目付近に観察され，一部，クロッシング構にも認められた．

ノーズレールの頭頂面には，図-2（a）に示すように，レールに発生するシェリングで見られる山形き裂と横断方向の複数のき裂が集合した形態が多く観察された．なお，これらのき裂の周囲には黒斑（水平裂の進展に伴い頭頂面が落ち込んで黒く錆びた領域）が認められ，この黒斑が存在する箇所では照面の拡がりも生じている．また，後端継目付近では図-2(b)に示すように，レールに発生するきしみ割れやゲージコーナき裂に類似した表面傷の形態が主であり，一部には列車通過時の衝撃荷重を受けて頭頂面の落ち込み変形を生じる挫壊や，き裂同士が連結して剥離した形態も観察された．なお，一部のクロッシング溝において確認された表面き裂は，図-2(a)に示したノーズレールに発生した表面き裂に類似した形態であった．



(a)　ノーズレールに発生した表面傷の例



(b)後端継目付近に発生した表面傷の例

図-2　代表的な表面傷の形態

3.　傷の検査方法の検討

分岐器に発生する傷に対する検査は，現状，目視により傷の有無を確認している．一方で，内部領域への傷の進展状況は超音波探傷検査を実施して詳細に確認することが必要であるが，改良型を含むマンガン鋼製クロッシングはレールと異なり，結晶粒サイズが大きく，かつ微細な引け巣が存在して超音波が散乱反射するために超音波探傷検査の適用が困難と言われている．しかしながら，頭頂面から浅い領域に進展した水平裂であれば，レールに発生したシェリング（頭頂部水平裂）と同様に垂直探傷で検知可能と考え，超音波探傷検査を試みた．

超音波探傷検査には，レール探傷車と同様にBスコープ表示が可能なデジタル超音波探傷器（SM-20R）および頭頂面直下の水平裂を検知するための周波数の高い二振動子の垂直探触子（5Z10ND―10）と水平裂から進展した横裂を検知するための 70° 斜角探触子（2C10×10A70）を用いた．A スコープでは，探触子から発信された超音波のエコー高さ（縦軸）および頭頂面からの距離（横軸）が表示され，傷からの深さを測定することが可能である．B スコープも A スコープと同様に，探触子から発信された超音波のエコー高さおよび頭頂面からの深さが表示されるとともに，探触子を走査することで物体の断面方向の情報を測定することが可能である．なお，ここでは頭頂面直下のき裂進展状況を把握するためにエンコーダを使用して，レール長手方向のき裂長さ（探触子移動量）を測定することとした．

図-3 に頭頂面からの垂直探傷により表面き裂が発生した箇所で検知したBスコープ画像の一例を示す．なお，図-3 は後述する傷の詳細分析を行うための探傷データでもある．垂直探傷では，頭頂面から深さ 10mm 未満に赤色で描画される水平裂が，後述する外観観察で識別できる黒斑領域にほぼ対応して，検知されている．

また，図-4 に垂直探傷の A スコープ画像の例を示すように，水平裂は，深さ 5mm 前後で頭頂部内を進展していることが分かる．なお，表面き裂の発生していない健全な箇所を探傷すると，顕著な反射エコーは検知されなかった．したがって，レールに対して実施している垂直探

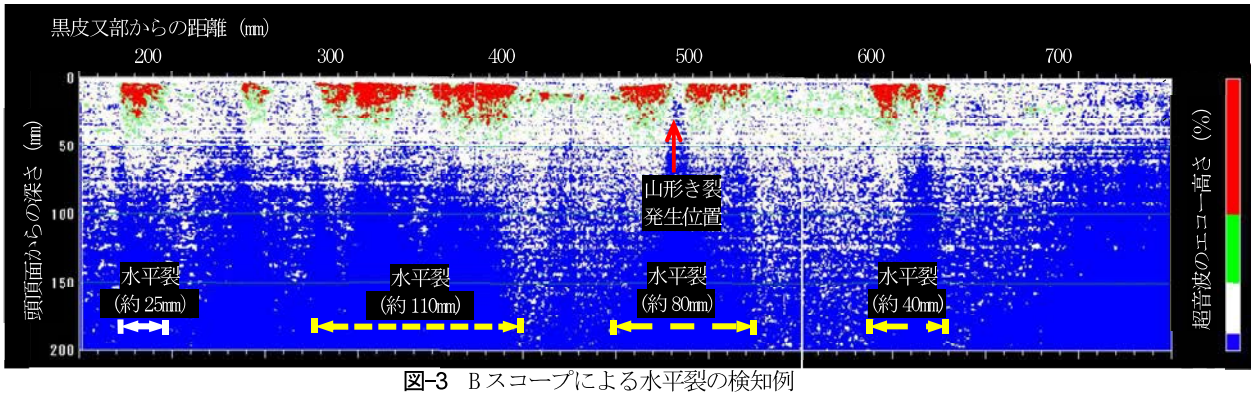


図-3　Bスコープによる水平裂の検知例

傷法で，改良型クロッシングの頭頂部に発生した水平裂を検知することは可能と判断した．一方，水平裂から進展する可能性のある横裂について，70° 斜角探触子を用いて探傷した結果，水平裂発生範囲に顕著な反射エコーは得られなかった．なお，後述する断面観察の結果と合わせて改良型クロッシングに対する 70° 斜角探傷の適用可否を判断する必要がある．

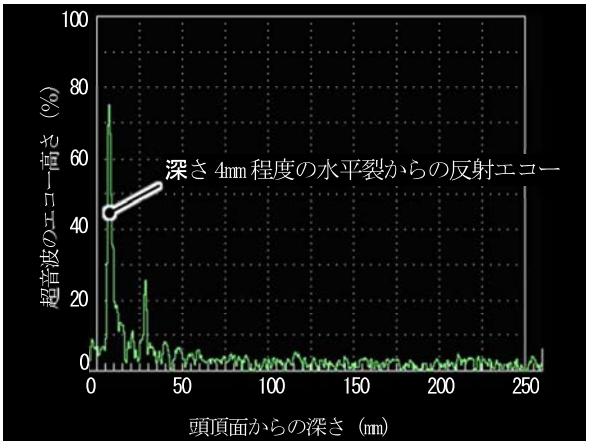


図-4　き裂発生箇所の A スコープ画像例

4.　傷の詳細分析

き裂の進展状況を把握するために，損傷を理由として交換に至ったノーズレールに対して，詳細な調査を行った．調査項目は外観観察，浸透探傷検査，頭頂面凹凸形状測定，超音波探傷検査，部材を切断しての断面観察，硬度測定，ミクロ組織観察，である．なお，調査した改良型クロッシングの詳細を表-1 に示す．

表 1　調査品の詳細

分岐器番号	大宮駅　69CD
図面番号	C60 可 M16-507A
軌道構造	スラブ
列車進行方向	背向
列車通過 最高速度	（基準線側）275km/h 以上 （分岐線側）110km/h
敷設年月日	2011 年 9 月
交換日	2020 年 8 月
交換時の累積通トン	約 1 億 7400 万トン
（年間通トン）	2000 万トン

(1)　外観観察・浸透探傷検査・頭頂面凹凸形状測定

ノーズレールの調査部位を図-5 に示す．傷は基準線と分岐線の交点（以下，「黒皮又部」と記す）から後端側に約 400 ㎜の位置の頭頂面に連続的に発生しており，表面上はシェリングと同様な黒斑が伴った山形き裂が観察された(図-6)．また，山形き裂の上側あるいは下側にはレール長手方向に沿う表面き裂も確認できる．これらのき裂が発生している位置において，き裂の形態を明瞭に把握するため浸透探傷検査を実施した．

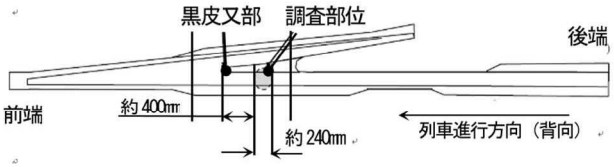


図-5　調査部位

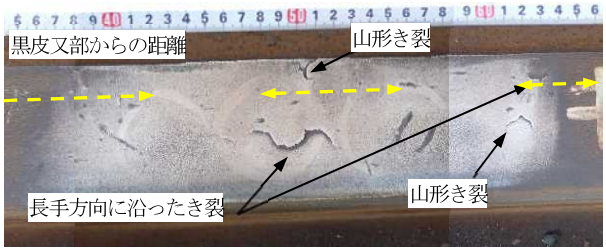


図-6　頭頂面に発生した傷の状況

傷発生箇所における頭頂面の凹凸量を原田式踏面形状測定器を用いて測定したところ，最大約 0.2㎜ の凹みが確認された．

(2)　超音波探傷検査

図-6 に示した領域の超音波探傷検査の結果は図-3 に示したとおりで，垂直探傷によって赤色で描画される水平裂が，外観および浸透探傷検査で確認された表面き裂の発生領域に検知された．表面き裂から進展した水平裂は，深さ 4 ㎜前後でレール内部に進展していることが分かる．また，山形き裂の直上は，き裂の起点であるために水平裂が途切れたように描画されている．以上のことから，山形き裂を破壊起点として，約 80㎜ の長さで水平裂に進展していると判断できる．

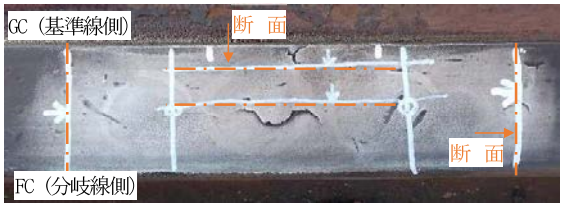
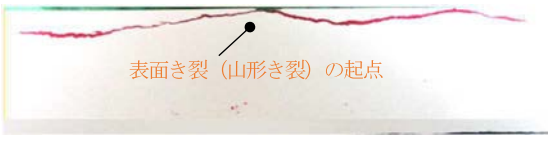


図-7　断面観察位置



(a)　断面①



(b)　断面②

図-8　断面観察の結果

(3) 断面観察

き裂の内部への進展状況を確認して超音波探傷検査の検知出精度を検証するため，図-7 に示すようにレール長手方向と横断方向に切断して，浸透探傷検査を実施した．図-8 に観察結果を示すように，レール長手方向に切断した断面①において，水平裂は頭頂面から深さ 1～3 ㎜の領域を，山形き裂を起点として前後端側に約 80 ㎜長さまで進展していた．また，レール横断方向に切断した断面②では，横断方向にき裂進展していることを確認した．なお，水平裂から横裂への進展は認められなかった．

(4) 硬度測定

図-9 に切断面内の深さ方向に硬さ測定を行った結果を示す．測定はビッカース硬さ測定器で行いて行った．図-9 より断面硬さは極表層で著しく硬化しており，頭頂面から深くなるにしたがって低下している．深さ 3 ㎜までは母材よりも硬さが高くなっている．一方でそれよりも深い位置ではほぼ一定の値で，母材の値（とほぼ一致している．これらの硬さの増加は列車通過による加工硬化によるものと考えられる．

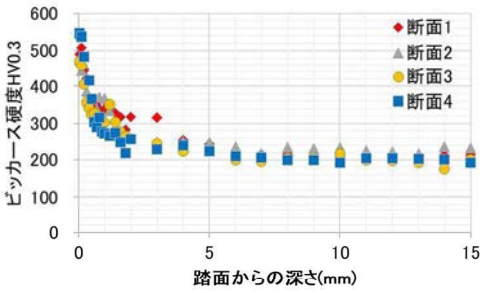
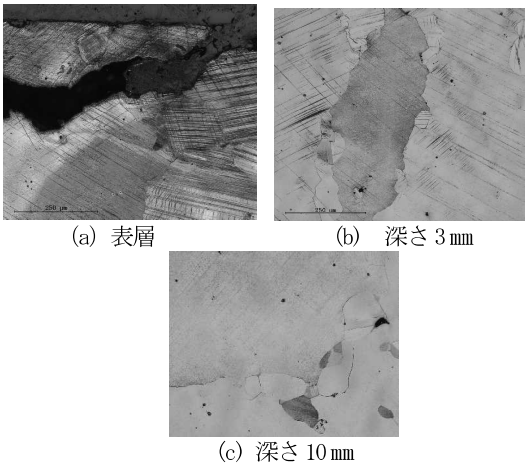


図-9 硬さ測定結果図

(5) ミクロ組織観察

図-10 に断面①におけるミクロ組織観察の結果を示す．組織観察は図-10 に示すように，山形き裂の発生した頭頂面極表層と，頭頂面からの深さが 3㎜ および 10 ㎜の位置で行った．表層と，3 ㎜位置でのミクロ組織に車輪との接触の影響を示す滑り線が確認されるが，10 ㎜位置では滑り線は確認されなかった．他の断面では表層に滑り線は見られるが，3 ㎜，10 ㎜の位置では確認されなかった．このことは硬さ測定において，断面 1 の頭頂面から 3 ㎜の位置での硬さが他の断面に比べて高いことを示す理由と考えることができる．



(a) 表層　(b) 深さ 3 ㎜

(c) 深さ 10 ㎜

図-10 断面 1 のミクロ組織観察結果

5. まとめ

今回の調査の結果，改良型クロッシングにもシェリングが発生していることが分かった．またこの傷の水平裂の進展は超音波探傷で検知できることが分かった．しかし，き裂の進展，成長に関しても研究事例が少なく詳細が不明のため，今回示した方法でき裂の進展状況を監視していくことが重要となる．一方，水平裂から進展した横裂の有無について，70° 斜角探触子を用いて探傷した結果，水平裂発生範囲においても顕著な反射エコーが得られず，撤去交換後に実施された断面観察においても水平裂から横裂に進展した形態は認められなかった．しかしながらサンプルが少ないことから，今後調査を進めて横裂進展の可能性およびその検知方法について知見を深める必要がある．

REFERENCES

1) 若月雅人,立川正勝：改良形ノーズ可動クロッシングの保守管理,新線路,Vol.64 No.9 pp.9－11,2010.[Wakatsuki, M. and Tatekawa, M.: Maintenance of Swing Nose Crossing, Shinsenro,Vol.64 No.9, pp. 9-11, 2010.]

(Received March 31, 2023)
(Accepted June 9, 2023)

INVESTIGATION and MANAGEMENT of DEFECT on SWING NOSE CROSSING

Fusayoshi AOKI, Kunihiro DOI, Yoshihiro TERASITA, Yuta TAMURA and Yasushi INOUE

RCF defects have been found on thel surface of manganese steel swing nose crossings on Shinkansen line. Current inspection standards are based on the presence or absence of defects by visu-al inspection, so there are individual differences in judgement results. Clear manegement criteria are needed. This study shows thre effectiveness of ultra-sonic test for this defect and detailsed analysis of this defect