

3701 圧接クロッシングの乗移り部における塑性流動の調査

○加藤 篤史 (鉄道総研)

兼松 義一 (鉄道総研)

佐藤 幸雄 (鉄道総研)

杉野 和男 (峰製作所)

Metallurgical investigation of plastic flow on the rail running surface of a gas pressure welded crossing used in service.

Atsushi KATO, Yoshikazu KANEMATSU, Yukio SATO, Railway Technical Research Institute
Kazuo SUGINO, MI-NE SEISAKUSHO Co.

It is known that crushed head and horizontal fissure grow by repeated wheel running on the rail running surface of a gas pressure welded crossing, and may shorten its life time. Therefore, it is an issue to prevent the growth of these defects and to extend its product life time. Some studies focus on this issue from geometric point of view of running surface, but not from metallurgical point. In this report, we investigated plastic flow which occurs on the rail running surface of a gas pressure welded crossing.

Keywords : crossing, metallurgical, crack, plastic flow, residual stress

1. はじめに

圧接クロッシングなどの欠線部を有するクロッシングの乗移り部は、線路構造上の弱点であり、列車の繰返し走行により局所的な摩耗や塑性変形が発生する。また、乗移り部には水平裂、挫壊が発生する場合があります、これらが原因となってクロッシングの交換周期を縮めていることが問題となっている。したがって、乗移り部の水平裂、挫壊を抑制することが出来れば、クロッシングの交換周期を延ばすことが出来るものと考えられる。そのためには、金属組織観察などで乗移り部の詳細な調査する必要がある。挫壊や水平裂の発生原因を金属組織観察などで詳細に調査した例は少ない。そこで、まず本報では圧接クロッシングの乗移り部における塑性流動の調査を行った。

2. 調査品の概要

表1に調査した圧接クロッシングの使用履歴を示す。

表1 圧接クロッシングの使用履歴

累積通過トン数	330MGT (3億3千万トン)
分岐器品形	60kg 10# 片開き
分岐通過方向	背向
列車速度	40km/h～120km/h (基準線側)
車輪踏面形状	修正円弧踏面 (一部、基本踏面)

3. 外観観察および浸透探傷検査

圧接クロッシングの乗移り部におけるき裂の状況を把握するため、外観観察および浸透探傷検査を行った。図1に圧接クロッシング乗移り部の外観、図2に浸透探傷検査の結果確認されたき裂の発生状況を模式的に示す。顕著なものとして、ウィングレールの乗移り部において、ゲージコーナー (以下、GC) 側の頭側面に水平裂、レール踏面に挫壊が認められた。さらに、ノーズレールのGC側にはきしみ割れが認められた。ここでの挫壊とはレール踏面における剥離を伴うき裂のことを指す。



図1 圧接クロッシング乗移り部の外観

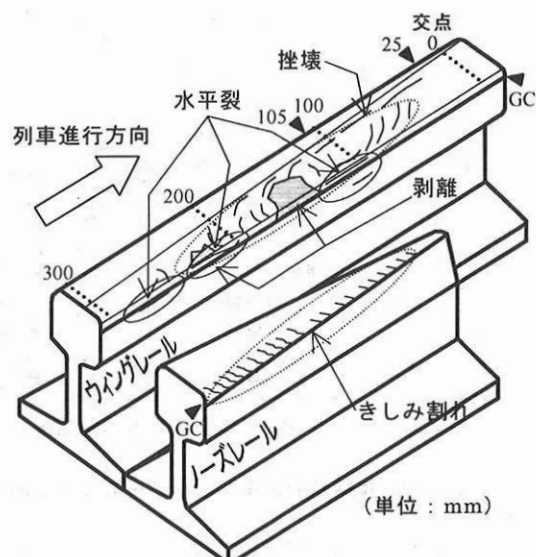


図2 き裂の発生状況と組織観察位置

4. ウィングレール頭側面の水平裂

(1) マクロ組織観察

ウィングレール頭側面に発生していた水平裂のき裂の進展状況や塑性変形の様相を確認するため、横断面のマクロ組織観察を行った。図3に交点から105mm位置のウィングレール横断面の状態を示す。レール踏面から約5mmの深さにGC側頭側面から長さ約15mmの水平裂が進展していた。また、レール踏面から約12mmと約15mmの深さの頭側面に水平裂（長さ約1mm）が認められる。レール踏面から深さ約5mmの範囲は車輪との接触による影響層が認められる。

GC部の斜め直線状の部分は塑性変形によるせり出し部をハンドグラインダーで鉄道事業者が削正した形跡と考えられる。その斜め直線状の部分は水平裂を境に上側はGC側へせり出しており、削正の後のせり出しの量（塑性変形）を表していると考えられる。また、頭側面の塑性変形はレール踏面から深さに20mm近辺までおよんでいると考えられる。

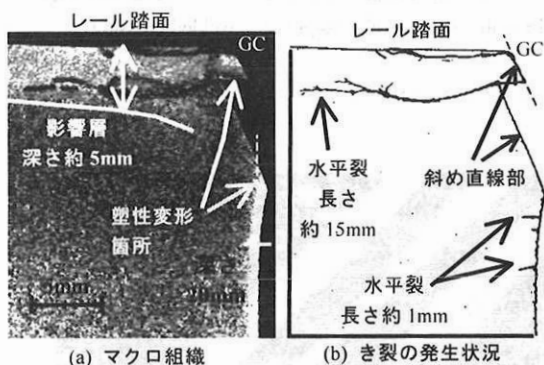


図3 ウィングレールの横断面の状態

(2) X線による残留応力測定

水平裂の発生・進展のメカニズム解明のため、X線による残留応力測定を行った。図4に交点から105mm位置のウィングレール横断面残留応力測定結果を示す。測定した残留応力の主応力方向はレール高さ方向である。き裂の先端近傍は引張残留応力が認められ、き裂進展に寄与しているものと判断される。なお、測定した試験片は切出しの影響を受けているため、測定値は応力値の解放分が含まれている。レール踏面から約12mmと約15mm深さに発生している水平裂も、その近傍は引張残留応力が認められることから、塑性変形により発生した残留応力がき裂発生に影響している可能性がある。

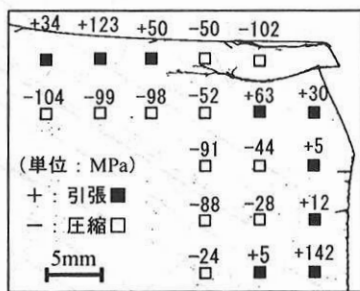


図4 残留応力の測定結果

5. ウィングレール踏面の挫壊およびノーズレールのきしみ割れ

ウィングレール踏面の挫壊発生部および交点から同位置のノーズレール踏面について塑性流動の状況を把握するため、ミクロ組織観察を行った。図5に交点から約200mm位置の縦断面のミクロ組織を示す。車輪との転がりすべり接触により、レール踏面から深さ約50μmの範

囲に塑性流動が認められる。その方向に着目するとウィングレール（挫壊発生部）は列車進行方向と同じ方向の塑性流動が認められる。一方、ノーズレール（きしみ割れ発生部）には列車進行方向と反対方向の塑性流動が認められ、交点から同位置においてウィングレールとノーズレールの塑性流動の方向が逆転する現象が認められた。すなわち、車輪の輪径差により、車輪フィールドコーナー側（ウィングレール踏面）では列車進行方向の接線力が働いていたこと、車輪GC側（ノーズレール踏面）では、列車進行方向と反対側の接線力が働いていたことが確認された。

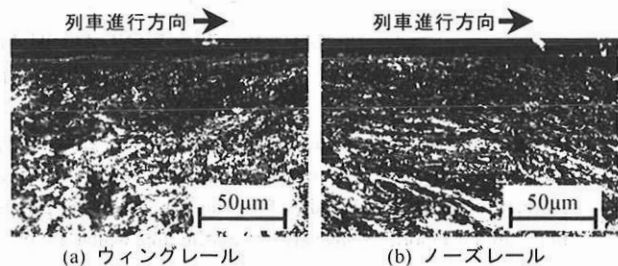


図5 交点から約200mm位置の縦断面ミクロ組織

6. 考察

(1) 水平裂発生の原因推定

列車走行による車輪との転がりすべり接触および乗移り部の局所摩耗で生じた落ち込みによる衝撃荷重で、クロッシング乗移り部のレール踏面には塑性変形を生じる。X線による残留応力測定で、き裂先端近傍に塑性変形によって発生したと考えられる引張残留応力が認められた。その影響のためGC側の頭側部に水平裂の発生・進展が助長されたものと考えられる。

(2) 挫壊発生の原因推定

レール踏面には車輪との転がりすべり接触が存在し、塑性流動が認められる。その塑性流動に沿って、き裂が発生・進展し、剥離を伴い挫壊になると考えられる。

7. まとめ

交点から200mm位置付近では、ウィングレールは列車速度に対して接触する車輪径が小さいために列車進行方向と同じ側の接線力が働き、ノーズレールでは列車速度に対して接触する車輪径が大きいため列車進行方向と反対側の接線力が働いていたことが確認された。

今回の調査では、き裂はすべて表面起点のものであった。ウィングレールGC側頭側面の水平裂は影響層と母材の境界付近に沿って進展していた。さらに一部は塑性流動に沿ってレール踏面に発生したき裂と合体し、最終的に踏面の剥離（図2剥離箇所）に至っており、影響層より深いレール内方へのき裂進展は観察されなかった。また、ノーズレールにはきしみ割れ観察されたが、同じくき裂は影響層領域内に留まっていた。挫壊の発生は塑性変形による影響が認められることから、その抑制にはレール硬さの増加が有効であると考えられる。

8. おわりに

今回の調査にあたり、供試品をご提供頂いた九州旅客鉄道㈱保線課および関係者に多大な協力を頂いた。記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 及川祐也, 金鷹, 寺下善弘:新線路, 64 (2010), p.29