

圧接クロッシングのウィングレール断面の検討

東日本旅客鉄道株式会社 ○正会員 堀 雄一郎

同 上 正会員 原田 彰久

同 上 正会員 本 卓也

株式会社 峰製作所 茂木 重六

1. まえがき

J R 東日本では、在来線高速分岐器用クロッシングとして圧接クロッシングを使用している。圧接クロッシングはレール鋼を使用することから、前後に接続するレールとの溶接が可能であり、列車通過時の衝撃源である継目を除去することができる。ところが、J R 東日本高崎支社管内において、圧接クロッシングを構成するウィングレール頭頂面に損傷（挫壊と呼ぶ）が発生し、交換数が増加するという事象が発生した。そこで、ウィングレールの挫壊を防ぐための検討を行った。

2. 実態の把握

(1) 圧接クロッシング用ウィングレールの製造方法

圧接クロッシングのウィングレールは、踏面勾配が $1/20$ となるように熱処理用レールの頭部を熱間鍛造で盛り上げ加工し、S Q 熱処理の後、間隔材を介して別途製作したノーズレールと乾式接着法で一体化している。表面の金属組織は微細パーライトであり、表面硬さは Hs46~56 である。

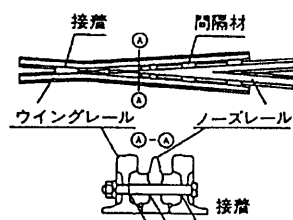


図1 圧接クロッシング

(2) J R 東日本管内における圧接クロッシング敷設状況

J R 東日本では、平成3年度以降、首都圏を中心として232箇所圧接クロッシングを敷設している（新在来線用を除く）。これらの使用箇所は中間駅の本線上であり、高速列車、貨物列車及び通勤電車が混在して走行しているケースが多い。

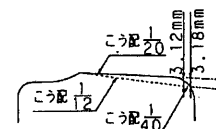


図2 クロッシング踏面勾配

(3) 挫壊の発生状況実態調査

J R 東日本において圧接クロッシングのウィングレールに挫壊が発生していることが明らかになったのは平成9年夏である。これを受け、上記箇所の実態調査を行った結果、次のことが判明した。

- a) フロー（0.1 mm以上のものとした）発生率は、対向使用の約11%に対し、背向使用では約85%である。
- b) 高崎線におけるフロー発生時の最小通トン量は、背向使用の場合で約500万トンである。
- c) 挫壊発生率は、対向使用の約12%に対し、背向使用では約41%である。
- d) 挫壊発生位置は、ノーズレール頭部幅10~20mmの範囲のウィングレール頭頂面である。
- e) 高崎線における通トン5千万トン経過後の踏面勾配（20台の平均値）は、軌間線から59mmまでの間は約1/40勾配、それ以遠は約1/12勾配の二段勾配となっている（図2）。
- f) 挫壊が発生しているウィングレールのショア硬さはHs62を超えているが、Hs62以下のものには挫壊は発生していない。
- g) レールの照り面から見たノーズレール・ウィングレールの共走区間長（図3）は、敷設直後のもので165mmであった。



図3 共走区間

(4) 挫壊発生原因の推定

以上の事実から、挫壊の発生メカニズムとして、背向から走行してきた車輪がノーズレールからウィング

キーワード 圧接クロッシング ウィングレール 挫壊 車輪踏面形状 クロッシング踏面勾配

〒140-0005 東京都品川区広町 2-1-19 TEL 03-5709-3665 FAX 03-5709-3666

レールに乗り移る際、ウィングレールに衝撃的荷重を作用させ、その繰り返しによってウィングレールが塑性変形（表面の落ち込みおよびフロー）し、さらにウィングレールの表面劣化に伴う金属疲労によって亀裂が発生しているものと推定した。

ここで、車輪とウィングレールの接触状況を良好にして衝撃荷重を小さくすることと、金属材料面からウィングレール表面の破壊強度を上げることの両面から検討する必要があるが、今回は前者について検討した。

3. 解析的検討

現場実態調査の結果を踏まえて、車輪踏面形状及びクロッシング踏面勾配を変化させて、車輪とクロッシングの接触状況を解析的に検討した。解析の手順は、まずノーズレール頭部幅 20 mm 位置において幾何学的に両者の接触位置を求め、当該位置においてヘルツの接触理論を用いて接触圧力を求め、さらに接触位置及び接触圧力から FEM 解析により、ウィングレール内部に発生する負荷応力の一つの目安としてレール内部の最大せん断応力を求めた。

(1) 検討する形状

車輪踏面形状は、基本踏面、修正円弧踏面、同 1.5 mm 摩耗（実測）、同 4.4 mm 摩耗（実測）の 4 種類とし、クロッシング踏面勾配は、前述の実態調査結果を踏まえ、1/20 勾配タイプ（従来品）、二段勾配タイプ 3 種類（1/40+1/10、1/40+1/12、1/40+1/15）の 4 種類とした。

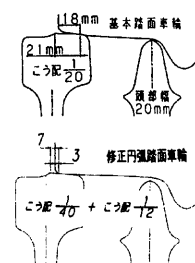


図4 車輪接触位置図

(2) 接触位置及び接触圧力

接触位置は、1/20 勾配では車輪形状に関わらずウィングレールのフランジウェー側端部付近で接触しているのに対し、二段勾配では修正円弧踏面車輪の場合ウィングレール中央部付近で接触している（図4）。また、接触圧力はウィングレールの勾配に関わらず車輪形状毎に一定であった。

(3) 最大せん断応力の算出（図5）

最大せん断応力は、ウィングレールの勾配毎にばらつきがあるが、平均的には1/20 勾配より二段勾配の方が小さい値を示している。また、いずれの勾配でも修正円弧踏面の 4.4mm 摩耗車輪の場合は大きい値を示しており、勾配を操作するだけでは一定の限界があることがわかる。

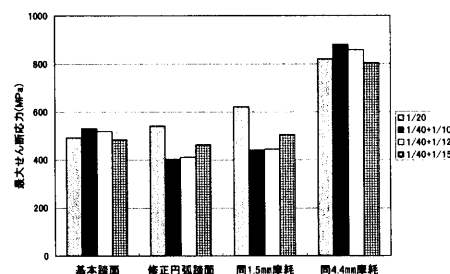


図5 最大せん断応力計算結果

4. 営業線への試験敷設

図5 から、勾配 1/40+1/12 タイプの場合、ウィングレールに発生させる応力が最小となることが期待できる。また、図2のように経年後の踏面勾配も概ね同様である。そこで、同タイプの圧接クロッシングを製作し、平成 11 年 12 月 15 日に高崎線岡部駅構内 32 号分岐器（60kg12#, 背向使用）に敷設した。

敷設直後の測定では、共走区間の照り面の長さは 210mm であり、前述の 1/20 勾配の場合と比較して長い距離で乗り移りが行われていた。また、敷設 1 年後の平成 12 年 12 月 12 日に調査した結果では、ウィングレールにフロー及び挫壞の発生はなく、共走区間の照り面長さは 260mm になっていた。なお、車種別の共走区間長は 115 系電車で 20mm、211 系電車で 55mm、貨物列車で 125mm であり、荷重条件が最も厳しい貨物列車において、最大の共走区間長が確保できていることが確認できた。

5. あとがき

現在、敷設後 1 年経過（累積通トン 2100 万トン）で良好に推移しているが、今後さらに追跡調査を行って検証を進めていくと同時に、金属材料面から破壊強度を向上させる検討も行っていきたい。

<参考文献> 佐藤泰生・田中健二・鈴木喜也「圧接クロッシングについて」鉄道線路 1985. 5