

列車走行方向の違いによるマンガンクロッシングの耐久性に関する一考察

東京地下鉄株式会社 正会員 ○小林 実
 東京地下鉄株式会社 有田 伸介
 東京地下鉄株式会社 濱野 浩
 株式会社日本線路技術 正会員 斉藤 秀

1. はじめに

東京地下鉄では、営業路線 195.1 km中に約 700 台のクロッシングを敷設しているが、年間数件の損傷が発生し、緊急交換に至る事例がある。クロッシングの材質や損傷状況によっては、輸送障害に繋がることもあるため、クロッシングの損傷状況を把握し、予防的な保守や構造の検討を行うことは重要な課題である。

既往の研究では、過去の損傷から統計的に損傷要因の傾向を調査し、列車走行方向（対向・背向）に、背向条件が含まれる箇所の損傷割合が高い¹⁾ことが確認されているほか、圧接クロッシングのウイングレールに作用する圧縮ひずみが、対向時と比較して背向時の方が、平均値で 1.4～2.2 倍、大きくなることも推定²⁾されている。今回は、既往の研究結果をもとに、当社の営業線上で多く敷設されているマンガンクロッシングにおいて、列車走行方向（対向・背向）の違いによる部材に発生する応力（圧縮・引張）を現地測定し、実測応力から経年したマンガンクロッシング部材の耐久性に関する考察を行ったので、その内容を報告する。

2. 応力測定概要

本測定では、き損に起因する引張応力の最大値に着目し、列車走行方向別の応力の差異とマンガンクロッシング交換による応力の変化を確認するため、写真-1 の営業線上で表-1 に示す条件下で実施した。

また、測定にあたり、現状の軌道状態（軌道変位、道床崩れ、クロッシング損傷状態等）による応力への影響を少なくするため、事前に現場調査を実施し補修の必要性を調査した。



写真-1：測定場所

(1) 測定部位・位置

測定は、過去に損傷が多かった部位（股部前後端、ノーズ部、ウイング底部）とし、図-1 の赤印に示す位置にひずみゲージを取付けて行った。

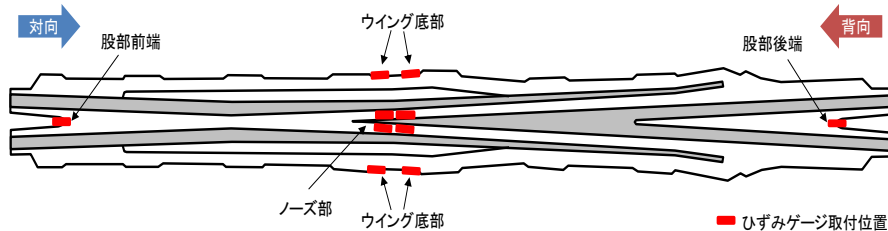


図-1：測定部位

項目	条件
レール種別	60kgレール
番数・形状	10番・両開き
クロッシング材質	マンガン製
締結方式	タイプレート
まくらぎ種別	合成まくらぎ
踏面勾配	1/20
道床種別	バラスト
列車走行方向	対向／背向
年間通過トン数	19,121,160t
累計通過トン数	231,092,737t
敷設期間	4,140日(12年1ヵ月)
車輪踏面形状	円錐／円弧

表-1：測定条件

(2) 事前調査・補修

事前調査の結果、写真-2 のように分岐器前端方向へ、トングレール・リードレール・クロッシングが 25 mm縦ずれしていることと、クロッシングに多少の座壊が確認された。

このため、クロッシング等の引き戻し補修を行った後の測定とし、クロッシングの座壊については、クロッシング交換による応力変化を確認するために、既存状態のままとした。

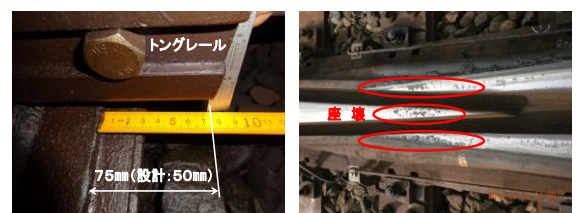


写真-2：事前調査（縦ずれ・座壊）

キーワード マンガンクロッシング, 対向・背向, 引張応力, 応力限界図, 通過トン数, 疲労破壊

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄株式会社 工務部軌道課 TEL：03-3837-7094

3. 応力測定結果

(1) 列車走行方向別の応力差異

各部位のクロッシング交換前後における対向・背向時の引張応力の差異を図-3 に示す。その結果、クロッシング交換前はウイング底部を除き、約 1.9～3.1 倍、背向時の方が大きな引張応力が発生していることがわかった。また、クロッシング交換後は、どの部位においても背向時の方が大きな引張応力が発生しており、約 1.1～2.4 倍と大きくなることがわかった。このことから、クロッシングの構造上、ノーズレールからウイングレールへ乗り移る際の衝撃等によって、対向時よりも背向時に大きな引張応力が発生すると推定される。

(2) クロッシング交換前後の応力変化

対向・背向別で各部位のクロッシング交換前後における引張応力の変化を図-4 に示す。その結果、対向時のノーズ部を除き、対向時・背向時ともに、約 0.3～0.7 倍まで引張応力の低減が確認でき、クロッシング交換によりき損に起因する引張応力の低減が図られることがわかった。

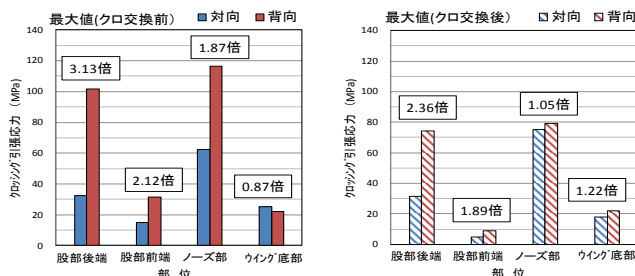


図-3：列車走行方向別の引張応力の差異

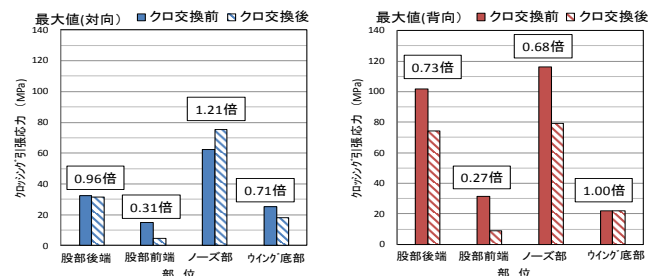
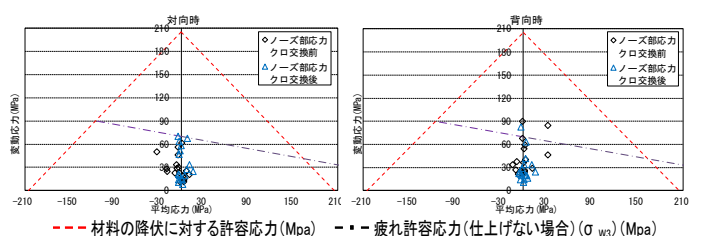
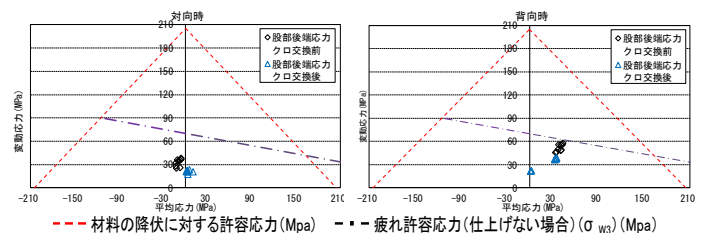


図-4：クロッシング交換前後の引張応力の変化

4. マンガンクロッシング部材耐久性に関する考察

マンガンクロッシング部材の耐久性を知るために、金属材料の疲れ試験方法 (JIS Z 2273) を適用し、実測応力から平均応力・変動応力を求め、鉄道台車枠等の設計に適用される応力限界図 (JIS E 4207) を準用することとした。各部位の中で、引張応力が大きい股部後端及びノーズ部の応力限界図を対向・背向別で図-5, 6 に示す。その結果、当該クロッシングのように累計通過トン数、約 2 億トンまで経年すると (実累計通過トン数、約 2.3 億トン) 背向時には、疲れ許容応力を超えるものもあり、損傷等の疲労破壊が発生しやすいと推定される。一方、対向時は、約 2 億トンまで経年しても疲れ許容応力は超えることはなく、疲労破壊は発生しにくいと推定される。またクロッシング交換後は、概ね許容応力以下となり、交換前よりも応力の低下が確認できる。



5. まとめ

対向・背向別の応力測定及びマンガンクロッシング部材の耐久性に関する考察の結果、対向時と比較して背向時の方がき損に起因する引張応力が大きいことを確認した。また、背向条件下では、累計通過トン数で約 2 億トンを超えると損傷等の疲労破壊が発生しやすい傾向であると推定される。ただし、ノーズ部やウイング底部では、対向時やクロッシング交換後に応力が大きくなることもあった。これはクロッシングや車輪の摩耗形状や車両のバネ等の影響を受けているものと考え、今後はこれらの知見をもとに、予防的な保守の観点から、通過トン数等の経年によるクロッシングの交換基準やクロッシング踏面形状を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 星幸江, 他: 地下鉄におけるクロッシングの損傷要因分析, 土木学会第 69 回年次学術講演会, 平成 26 年 9 月。
- 2) 及川裕也, 他: 圧接クロッシングのウイングレール頭頂面部損傷に関する一考察, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 平成 21 年 9 月。