

レール鋼製ノーズ可動クロッシングの構造解析

東京地下鉄株式会社	正会員	○松尾	東
東京地下鉄株式会社		渡邊	真一
東京地下鉄株式会社	正会員	劔持	尚樹
株式会社峰製作所	正会員	西田	達矢

1. はじめに

東京地下鉄では、図-1・図-2 に示すレール鋼製ノーズ可動クロッシング（以下、クロッシング）の可動レール股部において、同時期に敷設した4台中3台のクロッシングから同様のき裂発生が確認された。要因調査の結果、可動レール股部の底部アーク溶接裏波ビード境界部が起点となり、疲労き裂が進展したと推察した。

今回は裏波ビードが及ぼす、き裂への影響を解明するために2つのことを実施した。まず、FEM構造解析から可動レール股部に発生する裏波ビード有無時の応力を把握した。つぎに、現地列車通過時に可動レール股部に発生する応力と、その特徴を把握した。裏波ビード有の場合の発生応力への影響及び現地応力測定と構造解析結果の比較により、裏波ビードを削正した場合の有効性を確認したので報告する。

2. FEM構造解析

1) 解析条件

解析モデルは圧接部より後方 3000mm を再現し、図-3 に外観図を示す。要素サイズは全体を 14mm メッシュで分割し、股部付近はより詳しく応力分布が確認できるように 2mm メッシュで分割した。モデルの支持条件は、可動レール底部の床板接触位置を鉛直方向に、ばね定数 $2.13 \times 10^7 \text{N/m}$ で弾性支持する条件と、可動レール全体が前後へ移動することの抑制を目的として可動レール先端の面中央を点で完全固定する条件とした。载荷荷重は、実列車荷重より輪重を 40kN とした。载荷範囲は、可動レールと車輪の接触を考慮し、レール頭頂面中心からゲージコーナー側に約 20mm、長手方向に 10mm とした。载荷位置は可動レール股部の端部位置を 0mm とし、100mm ピッチで後端側へずらしながら可動レールからウイング部レールに乗り移る位置付近の 1300mm 位置まで载荷した。

2) 解析結果

要因調査より、き裂は列車走行側と逆側の切欠き部に発生していた。そのため、応力確認位置は図-4 の条件とした。また、発生応力のまとめを表-1 は発生応力について示しており、裏波ビードの発生応力を比較すると、载荷位置や境界部切欠き形状の位置に関わらず裏波ビード無しの場合は大きく低減していた。また、発生する応力の特徴は裏波ビードの有無に関わらず同じである。なお、载荷位置が遠ざかるほど逆载荷側切欠き部に応力が集中することを把握した。

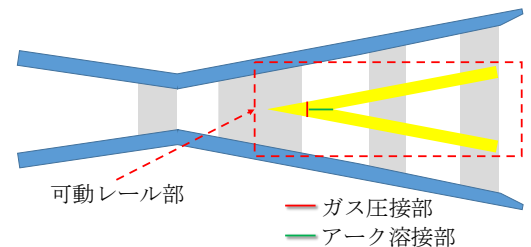


図-1 レール鋼製ノーズ可動クロッシング概略図



図-2 可動レール部

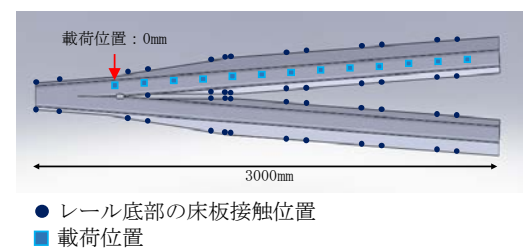


図-3 解析モデル

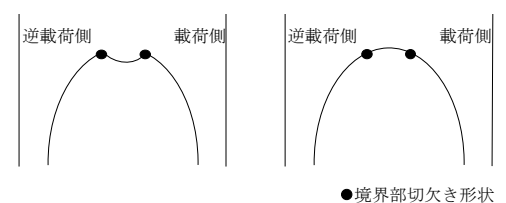


図-4 応力確認位置（左図：ビード有 右図：ビード無）

キーワード レール鋼製、ノーズ可動クロッシング、可動レール、構造解析、裏波ビード
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 TEL 03-3837-7092

3. 現地応力測定

1) 測定概要

この測定は、実際に列車通過時に可動レール股部付近に発生する応力を、同様のき裂が発生した箇所 に敷設してあるクロッシング（裏波ビード有り）にて実施したものである。ひずみゲージにより発生応力を測定しており、図-5 はゲージ貼付位置を示す。ひずみゲージはNo.1 からNo.10 の10箇所とし、No.1～No.8 は3軸のひずみゲージ、No.9～No.10 は1軸のひずみゲージとした。

2) 試験結果

本論文では、測定時に可動レールを通過する列車を対向方向に基準線側を走行した場合について記載する。図-3 の 載荷側に相当するのはゲージ No.1、逆載荷側に相当するのはゲージ No.2 である。そのため、図-6・図-7 にはそれぞれの発生応力における時刻歴波形を示す。また、図-6 はゲージ No.1 の最大主応力(引張力)を示しており、図-7 はゲージ No.2 の最小主応力(圧縮力)を示している。各図の波形の特徴として、通過した列車の車軸数に対応して応力値のピークが存在することが確認できる。

4. 考察

図-6、図-7 の波形ピーク位置を比較すると、車輪の通過に対してゲージNo.1が反応後にゲージNo.2が反応する特徴であることがわかる。この特徴は構造解析でも確認しており、載荷位置が現地測定同様に移動した場合に、発生する応力が対称の位置で確認できている。一方で、図-6 で確認している応力値と、対応する箇所の構造解析結果を比較すると、実測値の方が小さくなっているが、これは応力の分布を考慮すると、比較対象としているゲージの位置と構造解析での対象位置の位置関係の差であることが推察される。上記調査結果から、構造解析における裏波ビードの削正の低減性は、現地に敷設されている可動レールにおいても同傾向であることが推察される。

5. おわりに

今回の検討では可動レール股部において、列車通過に対する裏波ビード削正による応力低減効果を確認できた。

今後も可動レール股部に作用する応力を低減させる方法について、引き続き検討する。同様に確認した応力低減性と、疲労強度との定量的な関係性についても、調査を継続したい。

表-1 発生応力

載荷位置(mm)	裏波ビード	発生応力(MPa)	
		逆載荷側切欠き	載荷側切欠き
0	有	-2.1	116.3
	無	-0.3	69.1
1300	有	83.5	-3.4
	無	56.2	0.9

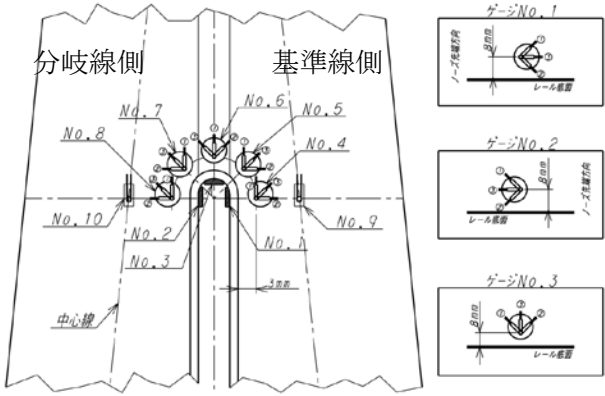


図-5 ひずみゲージ貼付位置 (No. 1～10)

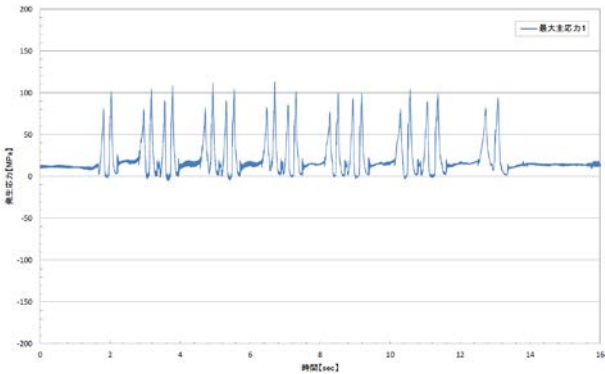


図-6 時刻歴波形 ゲージ No.1 最大主応力（圧縮）

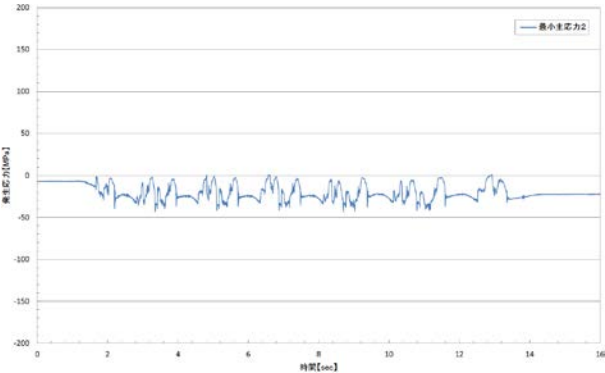


図-7 時刻歴波形 ゲージ No. 2 最小主応力（引張）

参考文献

1)及川祐也，細田充，他2名：レール鋼製ノーズ可動クロッシングの可動レールの転換試験，土木学会第 68 回年次学術講演会
2)佐藤泰生：分岐器の構造と保守，（社）日本鉄道施設協会，1987