

レール鋼製ノーズ可動クロッシングの疲労強度に関する検討

東京地下鉄株式会社	正会員	○松川 俊介
東京地下鉄株式会社	正会員	劔持 尚樹
東京地下鉄株式会社		石川 亮
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、可動レール股部における裏波ビードの有無が、疲労強度に対しどのような影響があるかについて、試験体を用いた疲労载荷試験を実施し、対象部の疲労強度を検証した。裏波ビードの有無と、疲労破壊が発生するまでの繰り返し数について取りまとめたので報告する。

2. 疲労载荷試験について

(1) 試験体

今回の取り組みにおいて、試験体として可動レールより股部近傍を切り出したものを使用した。切出範囲を図-3に示す。また、試験体は裏波ビード有(No. 1~No. 5)と裏波ビード無(No. 6~No. 10)を各5ピース切り出した。試験体について図-4に示す。

(2) センサー設置

载荷をする際に、試験体の股部付近に作用する応力値を3軸歪みゲージを用いて測定した。可動レールに作用する応力については、事前調査により試験体の構造調査を実施しており、き裂発生地点(応力集中部分)にセンサーを設置した。設置位置を図-5に示す。

(3) 疲労破壊判定

試験体の疲労破壊の判定は、応力値の変動により判定した。具体的には股部センサーで計測している最大主応力が、载荷開始時の応力より10%変化した時に金属疲労による破壊が発生したものとした。なお、破壊の判定をした試験体は磁粉探傷により詳細な確認を実施している。

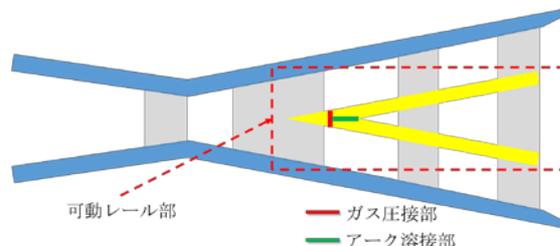


図-1 レール鋼製ノーズ可動クロッシング概略図



図-2 可動レール股部

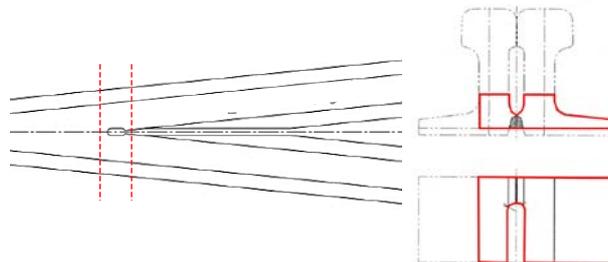


図-3 切出範囲(点線)と試験体(赤線)



図-4 試験体(左図: 裏波ビード有 右図: 裏波ビード無)



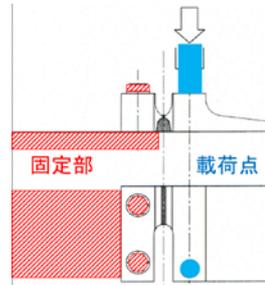
図-5 センサー設置位置

キーワード 疲労強度, 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 TEL03-3837-7092

(4) 支持条件および荷重

試験体の支持条件と荷重位置を図-6に示す。赤い斜線部分は試験体を固定する試験装置の支持部で、青塗の部分が発験体に荷重する部分となる。股部を挟んで片方を固定し、もう片方に荷重する方法で試験を実施した。また、設定した荷重量は、列車通過時の股部近傍の発生応力値を標準として決定した。表-1に試験体ごとの設定した荷重量と、その際に発生したセンサー位置での応力値を示す。



符号	試験荷重(kN)		開始股部応力 (MPa)
	最小	最大	
No1	0	4.45	191
No2	0	4.05	138
No3	0	2.80	99
No4	0	3.30	121
No5	0	4.05	141
No6	0	8.00	260
No7	0	6.25	220
No8	0	3.72	180
No9	0	5.40	222
No10	0	4.56	181

図-6 試験体の支持条件と荷重位置

3. 試験結果

試験結果を図-7に示す。図-7は、縦軸に荷重の大きさ、横軸に繰り返し荷重の回数を両対数表示で示している。なお、試験体 No3, 5, 8, 10 は明確な破壊判定ができていないが、図内にプロットした。裏波ビード無は○でプロットしている。同様に裏波ビード有は■でプロットしている。図内に、パターンごとの最小二乗法による直線を示す。裏波ビードの有無にかかわらず、荷重の大きさが大きくなるにつれて、破壊までの回数が少なくなる傾向であることが確認できる。また、破壊が発生した試験体の繰り返し回数が同程度であれば、裏波ビード有の方が低い荷重で破壊していることが確認できた。

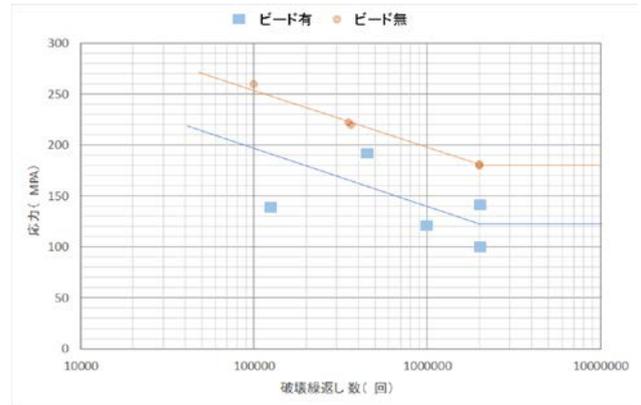


図-7 荷重と破壊繰返し数の関係

4. 考察

試験体 No8, 10 のプロットは 200 万回の繰り返し荷重でも疲労破壊が確認できなかったプロットである。このことより、裏波ビード有の試験体は 4 kN (股部での発生応力が約 140MPa) 程度から繰り返し荷重による疲労破壊の現象が発生するものと考えられる。

図-7 より、試験体に作用している荷重の大きさと繰り返し数の関係性を比較すると、裏波ビード有のデータ群の方が、裏波ビード無のデータ群に比べて、分布がばらついていることがわかる。これは、溶接の仕上がりが形状がランダムであることにより、発生した応力分布にばらつきがあることが推察される。また、試験体の磁粉探傷の結果について図-8に示す。結果を比較すると、裏波ビード有の試験体はき裂が股部から端面に向かって裏波ビード境界部に沿う形で進展していた。一方、裏波ビード無の場合はき裂の長さが約半分くらいの位置までの進展にとどまっていることがわかった。

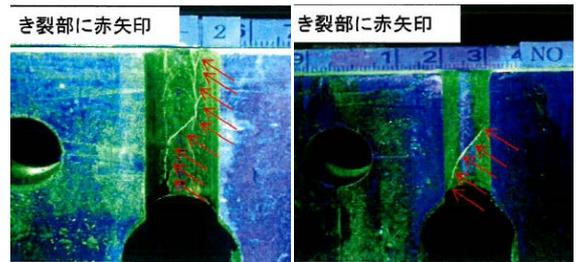


図-8 磁粉探傷の結果(左:裏波ビード有 右:裏波ビード無)

5. まとめ

今回の検討から、裏波ビードを無くすことで疲労強度が増加することが判明した。また、疲労破壊判定時に裏波ビード有に比べ、き裂の進展が遅くなる傾向がわかった。考察として裏波ビード部があることで境界部に応力集中が発生しやすくなり、き裂が裏波ビード部の境に沿って進展することが考えられる。

また、サンプル数が少なく、センサー位置により作用する応力の測定結果に誤差が生じるため、より定量的に疲労強度を検証するためには、異なる荷重条件のサンプル数を増やす必要がある。

参考文献

溝田, 他: レール溶接部の曲げ疲労試験 土木学会第 54 回年次学術講演会概要集(1999. 9)
 国交省監修, 鉄道総研編: 鉄道構造等設計標準・同解説 軌道構造 平成 24 年 1 月