

地下トンネル環境を考慮した 50N レールから 60 レール化に伴う締結装置の開発

東京地下鉄株 正会員 ○小瀧 香 渡邊 真一 藤井 諒
 (株)メトロレールファシリティーズ 大竹 真人
 東京ファブリック工業(株) 山口 愛子
 (公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 玉川 新悟

1. はじめに

東京地下鉄株(以下、当社という.)は、約85%がトンネル区間であることから、漏水を起因として一部区間では電食が頻発しており、レール電食による折損(写真-1)や締結装置の電食(写真-2)が課題となっている。レール折損リスク軽減する取り組みの1つとして、曲げ剛性や電気抵抗の観点から60レールの有効性を確認している。¹⁾

当社では、トンネル内の軌道構造は、コンクリート防振軌道を推奨している。このため60レール化を検討する上で、従来の工法では、レール底部の断面の違いにより、道床更新やPCまくらぎ交換等が発生し、工期と費用を要すことになる。

本検討では、これらの課題を解決のため、締結装置のみの交換によって、50Nレールから60レール化を行うこと、電食抑制効果が期待できるゴム製締結装置を使用することを条件に、開発を行ったので紹介する。

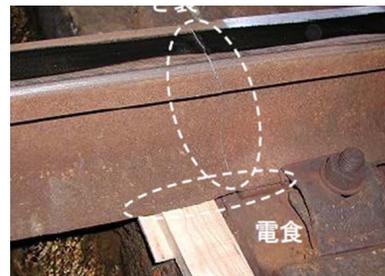


写真-1 レール折損



写真-2 鉄製締結装置



写真-3 ゴム製締結装置



写真-4 試作したゴム製締結装置

2. 開発に伴う検討事項

60レール化を行う際の標準施工順序は、道床バラスト化、60レール仮設時の木まくらぎ化、60PCまくらぎ交換の過程を経る必要がある。今回開発することで、全ての過程を経ることなく締結装置のみの交換ができれば、低コストでレール折損リスクの軽減ができると考え、下記の検討を行った。

(1) 60レール化により、レール高上による軌間縮小、底部幅の変更に対応したPCまくらぎであること。

(2) 60レールを敷設しても50用PCまくらぎが照査を満足すること。

これら条件から、コンクリート防振軌道で使用されているPCまくらぎを選定し、鉄道構造物等設計標準軌道構造²⁾(以下、設計標準という.)に基づいた設計計算を行い、照査を満足した。このことにより、50PCまくらぎについては、交換することなく、60レールを敷設できることが計算上明らかとなり締結装置の試作を行うこととした。

次に、締結装置を開発する上で、締結装置の電食を考慮した構造にするため、調査を実施し、電食多発区間では、レール電食が発生した箇所でもゴム製締結装置は電食しにくいことが分かった(写真-3)。これは、鋼材をゴム材で被覆することで電気絶縁性を高めているためである。

以上のことから、ゴム製締結装置を試作し、性能評価を実施することとした(写真-4)。なお、ゴム製締結装置とゴムパッドのひずみ量とを追従させるため、竹の子バネを取り付けた。

キーワード レール締結装置, レール折損, 電食, 60レール化

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野三丁目19-6 東京地下鉄株式会社 TEL03-3837-7094

3. レール締結装置性能照査項目

ゴム製締結装置の使用区分については、直線から半径 800m 以上の曲線とし、各試験条件は表-1 に示す。また、性能照査については、設計標準の「5.5 レール締結装置」に基づき以下の必要性能について確認を行った。

- (1) 静的載荷試験結果が、締結ばね応力が耐久限度線図内であること。
- (2) レール頭部左右変位量が 7.0mm 以下であること。
- (3) 動的載荷試験時の 100 万回載荷時に部材損傷がないこと。
- (4) 電気絶縁性に関する使用性を満足していること。

4. 試験項目及び結果

実施した性能評価試験の項目及び試験結果は以下のとおりである。なお、必要性能を確認する上で、組立試験を実施し、鉛直バネの締結後の圧縮可能変形量を考慮し、締結トルクを 100~110N・m とした際のボルト軸力を 10kN として試験に適用した。また、試作した締結装置のふく進抵抗力の平均値は 6.6kN であった。

(1) 静的載荷試験 (斜角載荷試験)

締結装置の応力は、軌間内軌・外軌ともに第 2 破壊限度及び第 2 へたり限度内であった (図-1)。

(2) レールの頭部左右変位量

変位量は、約 2.0 mm となり、設計限界値 7.0 mm 以下であった (図-2)。

(3) 動的載荷試験 (2 軸疲労試験)

100 万回載荷後の構成部材に外観上の変状は認められなかった。

(写真-5)

(4) 電気絶縁抵抗試験

左レール~右レール間及び各レール~アース間に 0.5kHz, 1.0kHz, 2.0kHz の交流 10V を印加し、乾燥状態、湿潤状態を想定した結果、左右レール間の電気絶縁抵抗値は、いずれも設計限界値 3.6kΩ を上回った。

以上、全ての項目において直線から半径 800 m 以上の曲線の範囲で性能を満足する結果となった。

5. まとめ

今回、直線から半径 800m 以上の曲線の条件で、レール締結装置の性能照査項目を全て満足し、実軌道への適用が可能となった。締結装置の開発により、道床更新及び PC まくらぎ交換等を行わずに、締結装置の交換のみで 60 レール化が可能であるため、低コストでのレール折損リスク軽減できることに期待している。また、ゴム製締結装置を採用することで、締結装置の電食を抑制できると考え、交換周期の延命化を図ることができるとも期待したい。今後、急曲線部への適用範囲の拡大及びトンネルという構造上の上床建築限界等を考慮し、60 レール化に向けて検討を進めていく。

参考文献

- 1) 星幸江, 渡邊真一, 葛西亮平: 50N レールと 60 レールの電食折損に対する有効性の比較, 土木学会第 68 回年次学術講演会, 平成 25 年 9 月
- 2) 国土交通省監修, 鉄道構造物等設計標準・同解説軌道構造, (公財) 鉄道総合技術研究所編, 2012 年 1 月

表-1 試験条件

項目	諸元	
設計軸重	160kN	
線形	直線 800 ≤ R	
まくらぎ間隔	565mm	
公称ばね定数	100MN/m	
小返り量	7mm以下	
鉛直ばね定数	148.4MN/m	
横方向ばね定数	5.3MN/m	
締結装置本体	押え点間隔	120mm
	レール押え力	7.48MN/m
	沈下方向	0.42MN/m
	小返り方向	1.15MN/m
まくらぎ下の鉛直ばね定数	4.0MN/m	
試験用レール金型高さ	110mm	
A荷重相当	22.6kN	
	36.6°	
B荷重相当	16.9kN	
	47.5°	
繰返し回数	1 × 10 ⁶ 回	
繰返し周波数	5.5Hz	
電気絶縁抵抗値	3.6kΩ 以上	

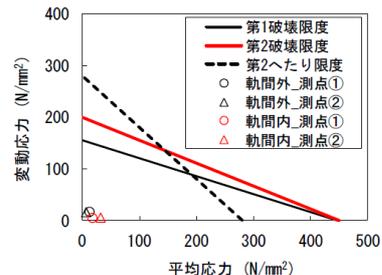


図-1 クリップ応力と耐久限度線図

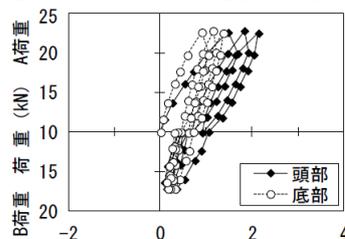


図-2 レールの頭部左右変位量



写真-5 動的載荷確認試験