

軌道構造に対応した耐塩害性防振まくらぎの開発

(株)メトロレールファシリティーズ 正会員 ○後藤 洋次 福西 勇也 蓮見 直哉
東京地下鉄(株) 正会員 新井 逸郎
(株)安部日鋼工業 正会員 北原 崇吉

1. はじめに

1. 1 背景

東京地下鉄(株)の路線は、営業線の85%がトンネル区間であり、コンクリート道床が約7割を占めている。その一部区間では東京湾近郊や感潮河川下に近接しているため、塩分を含んだ漏水が多く発生している箇所がある。トンネル内は高温潤状態であり、PCまくらぎにおいては塩分を含んだ漏水からの影響により爆裂が多く発生していたことから、2013年に従来の防振まくらぎに防水性能を強化した弾性材一体型防振まくらぎ(耐塩害性防振まくらぎ)^{※1)}を開発し、2018年に改良を経て、繰り返しまくらぎの構造改造に取り組んできた。

1. 2 本報告の要旨

コンクリート道床の構造を総合的に考えた場合、東京地下鉄で一般的に採用しているコンクリート道床中央排水溝構造に弾性材セパレート型防振まくらぎ(図-1)を組み合わせることが有利であると考えたことから、現行全面打暗渠構造(図-2)に使用している弾性材一体型である耐塩害性防振まくらぎをセパレート型とする開発を行ったので報告する。

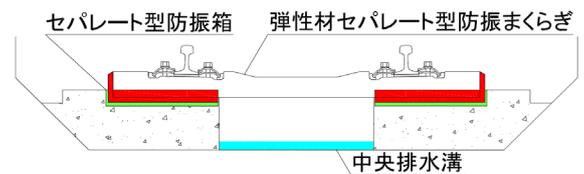


図-1 セパレート型防振軌道

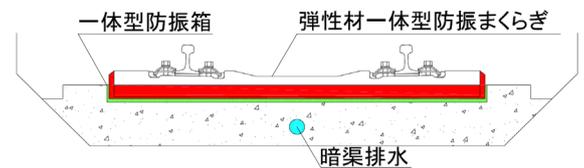


図-2 一体型防振軌道

2. 耐塩害性防振まくらぎセパレート型を開発した経緯

2. 1 当初開発

PCまくらぎに爆裂が多く発生している区間は一体型防振軌道であった。滞水対策として有効である道床更新によるセパレート型防振軌道への構造変更も検討したが、コスト面、速効性を重視し、まくらぎ自体の塩害抑制効果を向上させた耐塩害性防振まくらぎを2013年に開発した。しかし、敷設後4年経過した時点でまくらぎ端部割れやプレストレス低下、弾性材のはく離といった損傷が発生したため、改良が必要であった。

2. 2 耐塩害性防振まくらぎの改良

2018年に耐塩害性防振まくらぎ改良型として、弾性材の形状変更による定着強化、後埋めモルタル溝切加工による水浸透の抑制、支圧板・ワッシャーのエポキシ粉体塗装による腐食抑制範囲の拡大、まくらぎ端部の継筋挿入によるまくらぎ肩部の亀裂進行抑制を実施した^{※2)}。その結果、試験敷設段階ではあるが、敷設後の経過観察でまくらぎの機能低下する損傷は無く、経過は良好である。

2. 3 一体型からセパレート型へ

耐塩害性防振まくらぎ改良型の敷設により塩害対策に一定の効果を得ることが確認できたことから、次のステップとして排水能力の高い中央排水溝構造にセパレート型防振まくらぎを組み合わせることが塩害の抑制にさらに有利と考えた。今回、耐塩害性防振まくらぎ改良型のまくらぎ本体は同一で、これを応用して既設のセパレート型防振まくらぎを基に耐塩害性防振まくらぎセパレート型(以下、開発まくらぎという)に発展させる開発を行った。

3. 開発試験

3. 1 試験の目的

弾性材をまくらぎ下に敷いた既設のセパレート型防振まくらぎに対し、開発まくらぎは防水性能を持たせるため、弾性材をまくらぎに接着させる必要性から材質と形状変更(図-3)を行った。その上、次の確認を行った。

キーワード 防振まくらぎ, 塩害, ばね定数

連絡先

〒164-0003 東京都中野区東中野四丁目27-16-2F 株式会社メトロレールファシリティーズ TEL03-3363-8671

[性能確認 1] 弾性材の設計値は弾性材単体ではばね定数 4MN/mと 10MN/mを採用しているが、開発まくらぎでは、PC まくらぎに弾性材を巻き立てる構造かつ弾性材がまくらぎの左右に分割される構造で側面、端面の弾性材がばね定数へ影響を与える可能性が考えられる。防振箱に敷設した状態でのばね定数が既設の防振まくらぎの代替品として値を満たしているか確認が必要であった。

[性能確認 2] 耐塩害性防振まくらぎとは異なり下部の弾性材が左右分かれていることで中央排水溝から水の侵入が考えられたため、防水性能の確認が必要であった。

3. 2 試験方法

開発まくらぎを現場に敷設した際には、防振箱内部にあるゴムパットのズレ止め突起により、ゴムの横変形が拘束される影響（以下、拘束効果という）（図 - 3）が考えられるため、現場を模した模擬路盤を製作し実物ばね定数を計測することとした。この構造としては左右別々型も検討したが、均等に載荷することができないため、セパレート型中央排水溝構造の模擬路盤とした（図 - 4）。

防水性能の確認では、弾性材の接着はアルカリに影響を受けやすいことから、トンネル内には塩分を含んだ漏水が多く発生していることから、海水相当の4%塩水に着色用インクを投入した水槽に24時間浸漬することとした。

3. 3 試験結果

実物ばね定数試験は開発まくらぎ6本でまくらぎ単体のばね定数を計測する平板載荷試験とまくらぎを模擬路盤に入れて拘束効果を加味したばね定数を計測する模擬路盤載荷試験を実施した。試験結果（表-1）よりセパレート型防振箱の影響を受ける拘束効果は約1.2倍が得られた。これは、耐塩害性防振まくらぎ開発時に得られた拘束効果の標準値1.125倍と比較すると高いが、既設のセパレート型防振まくらぎの拘束効果は1.3倍の実測結果が得られており比較すると低くなっている。このことから開発まくらぎの拘束効果は耐塩害性防振まくらぎに比べ約1割高いが許容値内であることが確認でき、既設まくらぎの代替品としての敷設が可能となった。また、規格値についてはウレタンの製造時の影響等を考え、JRS（旧国鉄規格）が採用している防振まくらぎの公差±20%を設けることとした。

防水試験では、浸漬した試験体の支圧板付近で切断（写真-1）を行い、弾性材接着部及び後埋めモルタル部に着色インクが付着していないことを確認した。また弾性材で巻き立てた側面、端面においても着色は確認されなかった。この結果から、塩分を含んだ漏水による影響や、水の侵入の可能性が高い中央排水溝構造での敷設に対するウレタンの防水性能を確認できた。

4 まとめ

2013年より塩害によるPCまくらぎの爆裂対策として、繰り返しまくらぎの構造改造に取り組んできた。今回、耐塩害性防振まくらぎセパレート型の開発により、コンクリート道床中央排水溝構造との組合せが可能になり、排水能力の向上が図れ、塩害はもとより電食にも効果を発揮すると考える。今後は試験敷設を通して更なる検討を進め、より安全・安心な鉄道輸送を確保していきたい。

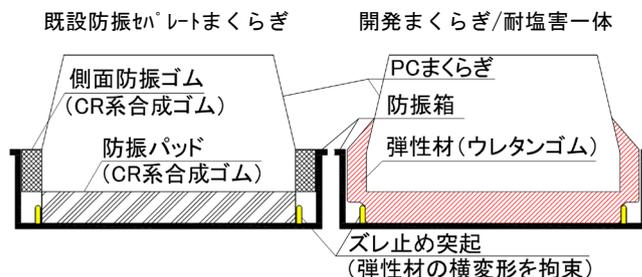


図 - 3 各まくらぎの構造及び拘束効果

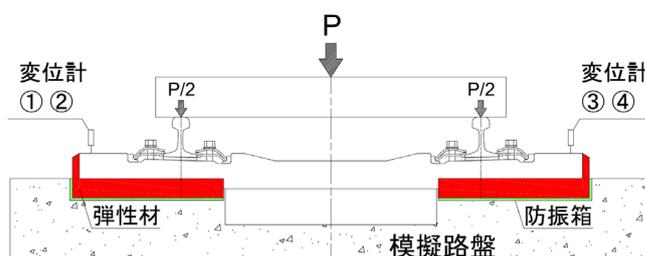


図 - 4 模擬路盤載荷試験

表-1 実物ばね定数試験の結果

設計値	実物ばね定数					
	4MN/m		10MN/m			
まくらぎNo.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
模擬路盤載荷 (MN/m)	5.1	5.3	13.0	13.3	12.5	11.9
平板載荷 (MN/m)	4.2	4.5	11.3	11.8	10.1	10.4
拘束効果 (模擬路盤/平板)	1.21	1.18	1.15	1.13	1.24	1.14



写真 - 1 防水試験

参考文献 1) 星 幸江, 武藤 義彦, 吉川 聖, 横川 勝則, 板橋 正春: 耐塩害性防振まくらぎの開発, 土木学会第70回年次学術講演会, 平成27年9月

参考文献 2) 大澤 純一郎, 久保田 聡一, 岡田 亮平, 北原 崇吉: 耐塩害性防振まくらぎの試験敷設結果, 土木学会第73回年次学術講演会, 平成30年8月