

## コンクリート道床耐塩害性防振まくらぎの劣化状況と今後の課題

(株)メトロレールファシリティーズ 正会員 大澤純一郎 後藤 洋次  
高橋 繁夫 岡田 亮平 堀内 勇希  
東京地下鉄株式会社 杉木 将太

### 1. はじめに

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、東京湾近郊や感潮域河川下のトンネルでは、塩化物イオンを含んだ漏水が多く発生している区間が一部あり、トンネル内も高湿潤状態である。そのため電食等によりレール等の軌道構造物が著しく損傷している区間がある。この区間は日常の保守点検でも細心の注意を払っているが、軌道構造の改良によって軽減することを試み、耐塩害性防振まくらぎを敷設し経過を確認している。改良前まくらぎに比べると損傷は減少傾向ではあるが、敷設後5~8年が経過したことにより、その間の経過観察にて爆裂による損傷が散見されてきたため、その状況について報告する。

### 2. 耐塩害性防振まくらぎの改良経緯

初期の耐塩害性防振まくらぎ(以下初期型という)を敷設してから、前述の通り損傷は少なくなったものの、塩害の影響がない他の区間と比較すると依然として劣化の進行は早く、従来の防振まくらぎとの耐塩害効果を比較するため、従来のPCまくらぎ50NPL4PP用、初期型、改良型の耐塩害性防振まくらぎ(以下改良型という)を試験敷設し耐塩害効果について観察、検証することとした。50NPL4PP用は、防振軌道で道床厚の取れない区間に敷設するため板厚を薄くしたまくらぎである。これは初期型、改良型についても同様であるが、PC鋼棒を2本とし薄い板厚に対応している。星らによる初期型は、浸水を防止する目的でまくらぎ上部まで硬質ゴム製の弾性材を巻きつけた<sup>(※1)</sup>。大澤らによる改良型は、初期型に弾性材の剥離が見られたことから、弾性材の形状を変更することで接着力を高め、更に支圧板、ワッシャーへのエポキシ粉体塗装及び端部へ補強鉄筋を挿入し、更なる浸水と塩害の防止を図ってきたものである<sup>(※2)</sup>。

### 3. 耐塩害効果の検証

3種のまくらぎを漏水が多く高湿潤状態の環境に同時敷設し外観の変状、弾性材とシーリング材の剥離状況、端部クラックの有無などについて敷設時からの経時変化を観察した。(表1)

図1の(1)、(6)に50NPL4PP用、(2)、(5)を初期型、(3)、(4)に改良型を敷設した。また、PCまくらぎはポストテンション方式で製作されており、(1)~(3)は内軌にPC鋼棒の固定側、(4)~(6)は外軌にPC鋼棒の固定側の配置とし、緊締の違いでまくらぎに与える影響を調査することとした。経過観察調査頻度は数カ月に一度実施した。(1)~(6)は過去にまくらぎ損傷が発生した箇所であり同一環境である。

表1 まくらぎ外観の状態

		まくらぎ外観の状態				
まくらぎ種類	敷設後	3M	8M	11M	16M	22M
内	(1)PL4PP	○	○	○	軽度欠損	軽度欠損
内	(2)初期型	○	○	○	○	○
内	(3)改良型	○	○	軽度欠損	軽度欠損	外軌側剥離
外	(4)改良型	○	○	○	○	内軌側爆裂
外	(5)初期型	○	○	○	○	○
外	(6)PL4PP	○	○	○	○	○



写真1 観察対象まくらぎ

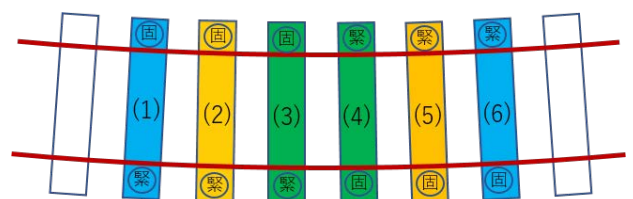


図1 観察対象まくらぎ

キーワード PCまくらぎ、爆裂、感潮域河川、塩害、電食、エポキシ粉体塗装

連絡先 〒113-0031 東京都文京区根津2-4-12 (株)メトロレールファシリティーズ 軌道部業務課 TEL03-5832-9351

#### 4. 改良型の剥離による損傷とその要因調査・考察

敷設から1年余で、従来型の50NPL4-PP用や初期型の割れよりも早期に改良型のコンクリート部剥離(写真2, 3)が確認された。同時に敷設したほか2種のまくらぎにも今後経年により損傷が出てくるものと思われるが、調査時点では外的要因による軽度の欠損はあるものの、構造上支障となるような損傷は確認されていなかった。改良型のみ損傷が急進しており(図1(3)及び(4))構造上の損傷要因があると思われたため調査することとした。改良型(図2)は端部亀裂を防止する目的で補強鉄筋を挿入しているが、補強鉄筋上部まくらぎ面からクラックが発生していた。一方、初期型(図2)の場合は弾性材内の軟質フォーム部の接着力が低く、弾性材が剥がれることにより、後埋めモルタル部より水分が浸入し爆裂に至っている。改良型は、弾性材の組成を変更し接着力を高めており、弾性材の剥離は確認されておらず、弾性材剥離以外の損傷要因を究明する必要があった。

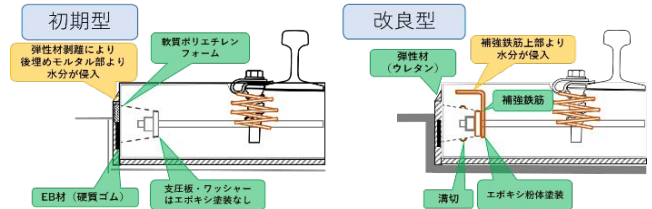


図2 初期型と改良型の構造比較

損傷要因究明のためまくらぎの破壊調査を行った。クラックの入っていたまくらぎにおいては補強鉄筋が腐食していた。改良型の構造は補強鉄筋の配筋被りはまくらぎ面より20mm, まくらぎ端部までの寸法は最短で15mmと浅いため補強鉄筋付近にクラックが発生したと考えられる。クラックを伝い水分が浸入し腐食の進行を早め、支柱板等主要部材の腐食、ひいては爆裂に至ったと推測された。

補強鉄筋の損傷状況は特に先端部が腐食進行していることを確認した。補強鉄筋腐食部分においてはエポキシ粉体塗装被膜が剥がれていることを確認した。(写真4) また、エポキシ粉体塗装被膜の内部で腐食が発生した形跡も確認できたことから、エポキシ粉体塗装のピンホール、製作時のエポキシ粉体塗装部分の傷付き等により、水分が地金に浸入し腐食した可能性も考えられるが、水分に含まれる塩化物イオン濃度は非常に高く、エポキシ粉体塗装の防食性能では防ぎきれないとも考えられる。

塗装被膜の内部で腐食した形跡が確認できたことから、水分に含まれる高濃度塩化物イオンによる発錆のほか、電食により腐食した可能性も考えられる。塗装被膜が剥がれずに残っていた部分は補強鉄筋、支柱板共に健全な状態であった。

#### 5. まとめ

4項の通り、補強鉄筋上部に発生するクラックより浸入した高濃度塩化物イオンを含む水分により補強鉄筋が腐食し爆裂に至ると特定したことから、補強鉄筋を組み込まない構造を検討することとした。2021年度より補強鉄筋を外した耐塩害性防振まくらぎを敷設し観察を開始した。これにより補強鉄筋がももど発生するまくらぎ端部クラックを防ぎ、これまでの弾性材巻き立て、金属部へのエポキシ塗装といった対策と併せることで、さらなる軽減が見込めると考えられる。今後も劣化状況の観察・調査を継続し、本まくらぎの軽減効果について検証を重ね、より軽減効果の高い軌道構造への改良に努めていきたいと考えている。



写真2 上部より撮影〈改良型〉



写真3 側部より撮影〈同上〉



写真4 エポキシ粉体塗装剥離状況

参考文献 1)星 幸江, 武藤義彦, 吉浦 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, 2015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, 2018年9月