

地下鉄トンネルにおける塩害対策補修方法の一考察

(株)メトロレールファシリティーズ 正会員 ○谷田 剛史

篠原 大補

東京地下鉄(株) 田口 真澄

(株)ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 鈴木 昭仁

1.はじめに

東京地下鉄(株) (以下、東京メトロという) の感潮域河川下のトンネルでは、塩化物イオン濃度が高く、将来塩害劣化が懸念される箇所があることから、現地調査および各種測定を実施した¹⁾。その結果を踏まえ、2014年から犠牲陽極材を用いた電気防食工法(図-1)²⁾による塩害対策補修工事の実施を進めている。

これらの工事の中で現在の対策工法は、劣化部分のコンクリートをはつた時に鉄筋背面まではつり出す作業に多大な時間と労力を要していることがわかった(図-2)。そこで、はつり深さを鉄筋中心位置まで軽減できる「塩分吸着剤」を配合したポリマーセメントモルタルによる補修方法(以下、塩分吸着工法という)に着目し、現在の対策工法との比較検討を行った。

以前の調査では、塩分吸着工法の防錆性は良好であったが、硬化時間が長いために夜間作業時間の短い地下鉄トンネルの施工条件に適さないことから採用を見送ることとなった経緯がある。

今回、塩分吸着工法のポリマーセメントの原料や配合を調整して施工条件に適用可能な断面修復材を開発するとともに、強度試験により東京メトロの基準値を満足することが確認できた。本稿では、工法および材料の比較、試験施工によるモニタリング調査の概要を示すとともに、今後の課題について報告する。

2.工法の比較

電気防食工法は、トンネル内のモニタリング調査により高い防錆効果と持続性が確認されているが、コンクリートの塩分濃度に関係なく劣化している箇所全てを対象としている。それに対して塩分吸着工法は、鉄筋が部分的な表面錆(点錆・面錆)以下、かつ鉄筋位置の塩化物イオン量が $10\text{kg}/\text{m}^3$ 未満であれば、鉄筋中心位置まではつり深さを軽減できることが確認されている(図-3)。このことにより、施工手間が軽減でき、日当たり施工量の向上と施工日数を短縮することができる。

東京メトロの塩害対策を要する区間の中で、劣化が進行している区間はほぼ対策が完了し、今後は劣化の進行の低い区間が主な対象となる。また感潮域河川下で調査した103箇所にお



図-1 犠牲陽極材を用いた電気防食工法



図-2 鉄筋背面まではつり出し



「塩分吸着剤による塩害対策工法(SSI工法)」より

図-3 施工断面図

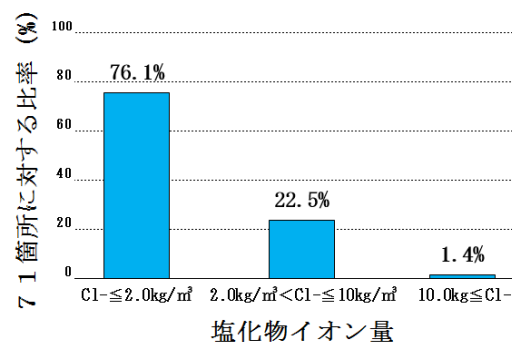


図-4 鉄筋位置(75mm)における塩化物イオン量の分布

キーワード 地下鉄トンネル, 塩害, 断面修復材, 塩分吸着剤, モニタリング

連絡先 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町1-36-5 3F (株)メトロレールファシリティーズ TEL. 03-5643-9300

けるコンクリート中の塩化物イオン濃度のうち、現在の対策工法により実施した箇所以外の71箇所に対する鉄筋位置（75mm 付近）での塩化物イオン量の比率を表わすと、塩化物イオン量が 10kg/m^3 未満の箇所が 98.6%と大半を占めていることがわかる（図-4）。したがって、今後は鉄筋の腐食が軽微であれば、塩分吸着工法の適用が有効であると考えられる。

3.室内試験による強度および施工性の確認

今回開発した断面修復材の性能を確認するため、圧縮強度試験、曲げ強度試験、付着強度試験の各供試体を材齢毎に製作し、JIS A 1171「ポリマーセメントモルタルの試験方法」に準拠し、断面修復材の強度試験を実施した（図-5・6・7）。表-1 に通常の構築補修、塩分吸着工法における従来材料および新材料に関する強度試験結果を示す。また、施工性については短時間の施工条件を想定して、欠損部を模擬した供試体に断面修復材を塗布し、1回の塗布可能厚さ、および1時間後の硬化状況を確認した（図-8）。これらの試験結果から、新材料は、東京メトロの物性上の基準値を満たし、かつ施工性においても地下鉄トンネル環境下に適用可能であることが確認できた。

表-1 断面修復材の物性値

項目	条件	通常の構築補修	塩分吸着工法（従来材料）	塩分吸着工法（新材料）	東京メトロ基準値
可使用時間	屋内	約20分	約50分	約20分	-
硬化時間	20℃	約40分	約120分	約40分	-
圧縮強度 (N/mm ²)	短時間	12.0(3h)	2.0(3h)	17.4(3h)	-
	28日	28.0	39.2	35.8	20.0
曲げ強度 (N/mm ²)	28日	5.5	8.6	7.0	5.0
接着強度 (N/mm ²)	28日	2.0	2.1	2.8	2.0



図-5 圧縮強度試験状況



図-6 曲げ強度試験状況



図-7 付着強度試験状況



図-8 断面修復材塗布後

4.現場試験施工の実施

室内試験により強度および施工性の確認ができたため、今後は実際の現場で試験施工を実施し、その性能を把握することとする。対象箇所は塩化物イオン濃度を調査した71箇所から6箇所を選定した。鉄筋位置での塩化物イオン濃度および鉄筋腐食度に応じて防錆ペーストを塗布し、継続的にモニタリング調査を実施する。モニタリング期間は2年間とし、2回/年の頻度で外観目視・打音調査・自然電位測定・腐食度センサによって効果を確認する（図-9・10）。

5.まとめ

塩分吸着工法に用いる断面修復材は、十分な強度と施工性を有しており、鉄筋の腐食が軽微であれば鉄筋中心位置まではつり深さを軽減できることから、トンネル内の試験施工において効果が確認されれば今後の補修方法として有効であると考えられる。今後はモニタリング調査を継続していくことで早い時期に実施工に移行していきたいと考えている。引続き更に維持管理を効率よく効果的に進める対策についても併せて検討していきたい。

参考文献

- 1) 武藤義彦, 小西真治, 河畑充弘, 大即信明, 岸利治, 石田哲也: 地下鉄箱型トンネルにおける塩害対策システムの構築, 土木学会論文集 E2 部門, 2018 年, 74 巻 4 号 p.275-292
- 2) 武藤義彦, 大泉政彦, 諸橋由治, 葛目和宏, 大即信明: 地下鉄トンネルを対象とした塩害対策工の検討, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 14 巻, pp.287-294, 2014



図-9 自然電位測定状況



図-10 腐食度センサ