

感潮河川下の地下鉄潜函トンネルの塩害対策工事

東京地下鉄株式会社	改良建設部	設計課	正会員	藤沼	愛
東京地下鉄株式会社	工務部	土木課		阿部	敏秀
東京地下鉄株式会社	工務部	土木課		辻口	貴大
東京地下鉄株式会社	工務部	土木工事事務所		野口	正則

1. はじめに

東京地下鉄株式会社（以下「東京メトロ」という）は、東京都内を中心とした9路線の鉄道を運行しており、営業運転キロ195.1kmの土木構造物を日々維持管理している。そのうち約85%の168.6kmがトンネルであり、感潮河川下の潜函トンネルは、漏水中に含まれる塩化物イオンにより、鉄筋コンクリート構造物（以下「構造物」という）に変状や劣化が生じている。

本稿は、塩害による劣化箇所の補修及び中長期的な予防保全を目的とした、埋設型犠牲陽極材による電気防食工法、断面補修工法及び表面含浸工法を組み合わせた塩害対策工事について報告するものである。



写真1 硝酸銀溶液噴霧状況

硝酸銀溶液の噴霧により、構造物表層から塩化物イオンの付着が確認できなかった箇所は、従来通りの補修工を施した。塩化物イオンの付着が確認できた箇所は、目視検査及び打音検査を実施し、濁音が認められる範囲は、塩害対策工を施した。

かぶりコンクリートを人力はつりにより撤去して鉄筋を露出させ、鉄筋の腐食度を判定した。鉄筋が断面欠損している場合は、鉄筋を取り替えるか、重ね継手により鉄筋を配置して断面補強した。鉄筋が断面欠損しておらず、腐食が進行している場合には、埋設型犠牲陽極材（写真2）を用いた、電気防食工法を採用し、腐食の進行を抑制した。

2. 工事概要

今回施工した塩害対策工事の概要は次の通りである。

隅田川の河川底部を横断する東京メトロ東西線茅場町駅～門前仲町駅間の潜函トンネルにおいて、塩化物イオンの浸入による構造物の劣化対策として、塩害対策工事を実施したものである（図1）。

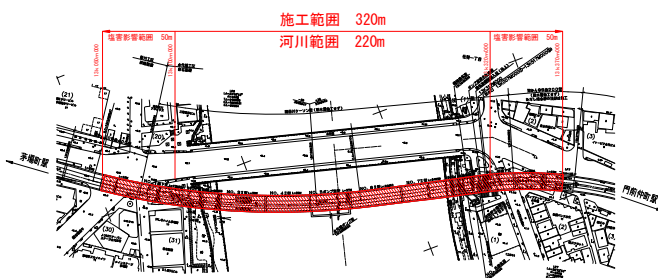


図1 施工範囲図

3. 施工方法

周期的なトンネル全般検査の実施により、要補修と判定された漏水やモルタル剥離などの変状箇所について、塩化物イオンの浸入による劣化であるか否かを特定するため、硝酸銀溶液を構造物表層へ噴霧する工法を用いた。この工法は、硝酸銀溶液と塩化物イオンが反応することにより、塩化銀が生成され、白色に変色する特性を活かしたものである¹⁾（写真1）。



写真2 埋設型犠牲陽極材

キーワード：塩害、電気防食工法、犠牲陽極材

連絡先 〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 東京地下鉄（株）工務部土木課 TEL. 03-3837-7201

塩化物イオンにより、鉄筋の不動態被膜が破壊されると、鉄筋の健全部（以下「カソード部」という）と腐食部（以下「アノード部」という）との間に電位差が生じることにより、健全部へ腐食電流が供給され、鉄筋の腐食が進行する。

腐食反応を抑制する電気防食工法には、近傍に設置した電源装置から防食電流を供給する外部電源方式と、鉄筋よりも腐食しやすい金属を鉄筋とつなぎ、電位差により防食電流を供給する流電陽極方式がある。営業線トンネルという特殊な環境であり、内空が狭く、電源装置の設置が難しいことに加えて、迷走電流が危惧されることから、流電陽極方式を採用した。

犠牲陽極材を鉄筋に取り付ける作業スペース確保のために、既設コンクリートを鉄筋裏20mm程度まではつり落とした。防食電流が犠牲陽極材から鉄筋に供給されやすいように、接続部の鉄筋を十分にケレンして取り付けた（図2）（写真3）。

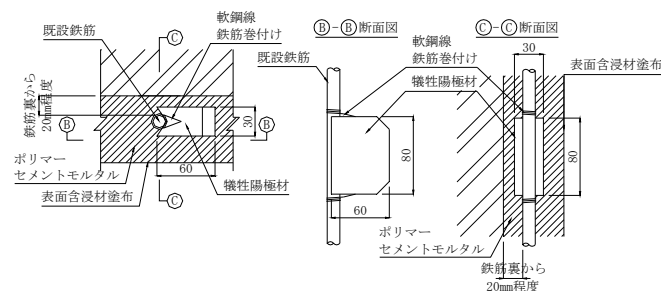


図2 犠牲陽極材取付図



写真3 犠牲陽極材取付状況

断面補修材は、営業線トンネルという特殊な環境を考慮し、取扱いが容易であること、付着強度が高いこと、強度発現が速いこと及び電気防食工法との組み合わせを考慮した、ポリマーセメントモルタルを採用した。また、構造物の補強及びモルタルの落下防止を目的とし、強化プラスチック素材の格子筋を構造物へ取り付けた。この格子筋は、防食電流が対象範囲外へ流出しないように、不導体を採用し、補修した（図3）。

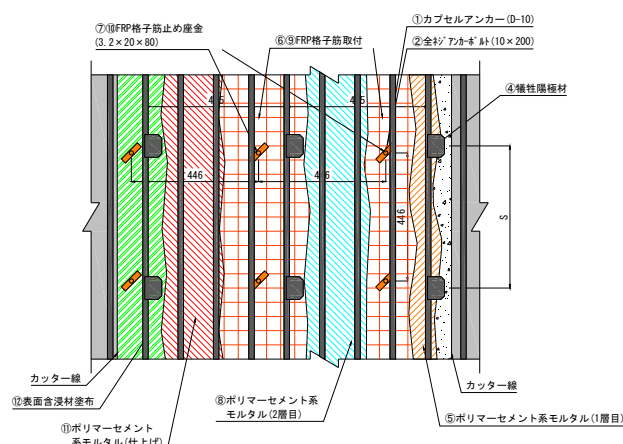


図3 構築断面補修工 施工標準図
(補修深さ 80cm 以上)

構造物への劣化因子の浸入抑制や予防保全を目的とし、表面含浸材を構造物表層へ塗布した。表面含浸材は、経年による劣化をしても再度浸透させることにより、再び浸入抑制効果を発揮する、シラン系表面含浸材を採用した。塗布箇所は、今回補修した箇所に加えて、塩害による劣化が顕在化していない箇所にも、予防保全を目的として塗布した。

4. まとめ

硝酸銀溶液の噴霧による塩害影響範囲の特定手法は、短時間且つ、現場で容易に塩化物イオンによる影響範囲を判定でき、効率的であった。

電気防食工法で採用した犠牲陽極材の効果持続性については、試験施工の結果より 10 年程度持続する結果が得られているが、今後様子を継続的にモニタリングし、犠牲陽極材の交換時期や防食電流の供給量について再評価をする必要がある。また、犠牲陽極材の設置手間の解消や、犠牲陽極材消耗時には、容易に取り替えられるような施工法、構造検討を今後進める必要がある。

表面含浸材は、劣化因子の浸入抑制効果の持続性について、今後の確に把握していく必要がある。

今後も、モニタリング調査及び目視点検等により、経時的な傾向を把握し、データ蓄積と分析を適切に進め、包括的に判断できる指標を解明していく。

参考文献

- 1) 亀井啓太, 阿部敏秀, 野口正則, 辻口貴大: 河川下の地下鉄潜函トンネルの塩害対策工事, 土木学会地下空間シンポジウム論文集, Vol. 22, A2-1, pp. 41-48, 2017