

感潮河川下を横断する地下鉄トンネルの塩害対策工事報告

東京地下鉄 ○正会員 亀井 啓太 正会員 武藤 義彦 正会員 諸橋 由治
正会員 辻 貴大 非会員 保栖 重夫 非会員 野口 正則

1. はじめに

地下鉄トンネルでは、特に感潮域河川下において、塩害による劣化を生じている箇所が存在する。東京地下鉄(以下、東京メトロと呼ぶ)感潮河川付近の潜函トンネルでは、函体間の継手部において海水と同等の塩分を含んだ漏水による塩害が発生していた。塩害箇所に対し過去に対策工を行った¹⁾が、その後再劣化が確認された。そこで塩害に対し発生条件²⁾及び発生範囲の検討³⁾から、抜本的な対策工法の検討⁴⁾を行った。本稿では既往の検討結果を基に、犠牲陽極材を用いた電気防食工と断面修復工を組合せた塩害対策工の、施工について報告をするものである。

2. 東京メトロにおける過去の塩害対策

潜函トンネルにおいて、函体と函体との接合部では漏水が多く、コンクリートの剥離が見られたので、潜函トンネルの健全度評価と対策選定を行うために2003年～2004年に塩化物イオン量の測定、自然電位の測定及びはつり調査を行った。¹⁾函体本体の鉄筋は漏水



写真-1 変状 写真-2 対策完了状況 写真-3 再劣化状況

(跡)箇所を除き、ほとんど腐食が認められなかったが、継手部の鉄筋位置では塩化物イオン濃度が高く、鉄筋の腐食が顕著であった。(写真-1)この結果に基づき濁音部ははつり除去して、断面修復した後表面被覆を行った。(写真-2)しかし特に塩化物の影響が高い区間で、補修したポリマーセメントモルタル(以下、PCMと呼ぶ)の表面に、亀甲状のひび割れや濁音が認められた。(写真-3右半分)

3. 東京メトロにおける既往の検討

東京メトロでは平成21年から平成25年にかけて、塩害に対し検討委員会を設置し5年間にわたり調査研究を行った。²⁾³⁾⁴⁾東京メトロの全9路線に対し、トンネルと河川が交差・近接している区間で、鉄筋腐食、漏水中及びコア採取による塩分濃度測定を実施した。

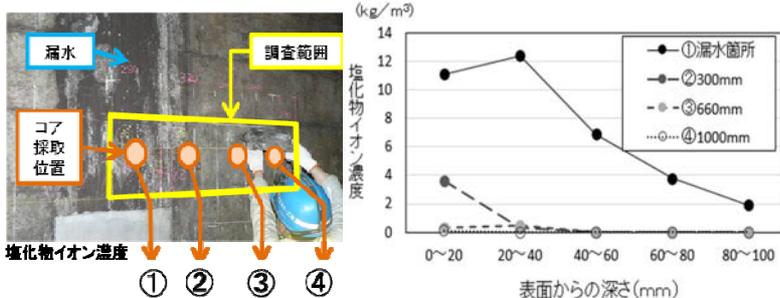


図-1 塩害範囲

その結果として、以下のような成果を得ることができた。

- ・塩害範囲は、漏水部や漏水跡とその周囲のみに限定される
- ・感潮河川、東京湾近郊の区間で塩化物イオン量が多い
- ・漏水中の塩化物イオン量は河川から50mまでが多い
- ・地下水がトンネル内に浸み出し、コンクリート内部に浸透するケースがほとんどである
- ・硝酸銀噴霧法を用いることで、塩害範囲を特定することができる

図-1に塩害範囲、図-2にトンネル内塩化物イオン濃度分布、写真-4に硝酸銀噴霧法を示す。上記の成果を基に、対策が必要な区間を

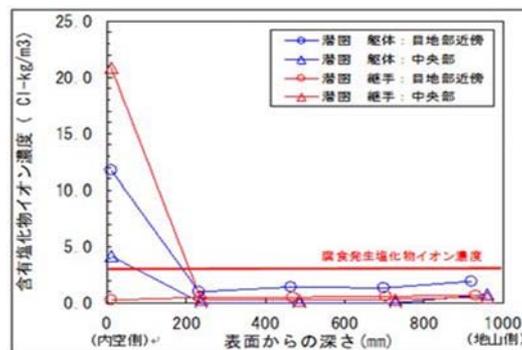


図-2 トンネル内塩化物イオン濃度分布

キーワード 地下鉄、トンネル、塩害、犠牲陽極材、断面修復材、表面含浸材

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 TEL03-3837-7264

特定した。対策としては、電気防食工法と断面修復工法を組合せに着目し、現地試験施工及び室内試験を実施した。検討の結果、犠牲陽極を設置した断面修復と、表面含浸材を塗布する対策工が有効である結果を得ることができた。(図-3)

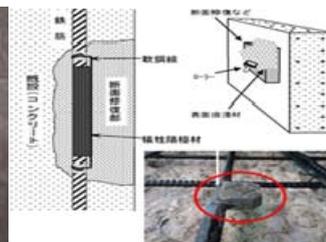


写真-4 硝酸銀噴霧後

図-3 塩害対策工

4. 施工

トンネル内の施工時間は、き電停止からき電開始の間で作業準備、足場組立・片付け等を除くと、実質1時間30分程度しか作業時間が取れない状況にあった。トンネル内という限られた作業空間しかない中で、保守用車の通過に伴う足場の組外し等により、特に上床部の補修において1箇所の施工に約5日を要した。(表-1)

塩害部のはつりは、塩化物の除去を目的として鉄筋裏20mm程度の深さまではつり取ることを基本とした。犠牲陽極材設置後は、テスター等を用いて導通の確認を行った。(写真-4)モルタル塗りは1日の施工時間の制約上、2日に分けて行った。(写真-5)表面仕上げ後、補修部と既設部との界面やその付近を含め、表面含浸材を3層塗布した。(写真-6)



写真-4 犠牲陽極材設置

写真-5 モルタル塗り

写真-6 含浸材塗布

現在施工を進めていく中で、施工性の面から現場サイドより以下のような意見が挙げられた。

- ・塩害対策工で使用するPCMは硬化時間が速く、一度に練る材料の量が制限される
- ・上床部での施工では、塩害対策工で使用するPCMの密度が高い(重い)ため、付着状況が悪かった
- ・塩害部をはつる際、通常の劣化コンクリートはつりと比べコンクリートが密な状態にあり、尚且つ鉄筋裏の狭隘部分を約20mmはつるため施工に時間がかかる

今後これら現場サイドからの意見に対応するため、塩害対策工についてさらに改良研究を進めていく所存である。

5. おわりに

今後塩害に対し、トンネルを長期的に維持管理していくには、上記の塩害対策工の改良研究と並行し、犠牲陽極材の換時期の目安及び表面含浸材の効果持続性を確認していく必要がある。そのためには、モニタリング調査データと目視(亜鉛の減少や析出物等)の結果等を踏まえ、継時的な傾向が把握できるようにしっかりとデータの記録と管理をしていきながら、包括的に判断できる指標を解明していきたい。

参考文献

- 1) 瀬筒新弥, 山本努: 河川を横断する地下鉄潜函トンネルの塩害対策, トンネル工学報告集, 2010
- 2) 山本努, 武藤義彦, 小椋紀彦, 葛目和宏, 大即信明: 地下鉄トンネルにおける塩害発生条件の検討, 日本材料学会 コンクリート構造物の補修・補強・アップグレードシンポジウム, 2011
- 3) 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, 日本材料学会 コンクリート構造物の補修・補強・アップグレードシンポジウム, 2014
- 4) 武藤義彦, 小西真治, 諸橋由治, 仲山貴司, 牛田貴士, 葛目和宏, 大即信明: 地下鉄箱型トンネルの塩害範囲に関する研究, 第24回トンネル工学研究発表会, 2014