

地下鉄トンネルにおける塩害対策モニタリングに関する一考察

メトロレールファシリティーズ 正会員 ○篠原秀明 正会員 武藤義彦 非会員 米丸陸海
東京地下鉄 非会員 小柴康平
CORE 技術研究所 正会員 小椋紀彦

1. はじめに

東京地下鉄(以下、東京メトロという)では感潮域河川下を横断するトンネルなど一部区間において塩害が発生しており、犠牲陽極材による塩害対策を実施している。塩害対策を試験施工した箇所において、犠牲陽極材の防食効果を確認するため、電気化学的計測、はつり調査等のモニタリング調査を実施している。

今回は、施工後約4年9ヶ月経過した箇所について、鉄筋のはつり調査等結果について報告する。

2. 調査箇所

モニタリング調査箇所の概要を表-1、設置概要を図-1に示す。調査箇所は、河川横断する潜函工法で施工されたトンネル側壁継手部と側壁一般部を対象とし、犠牲陽極材は埋込型(亜鉛38g)と取替型(亜鉛85.5g)を用いている。

3. 電気化学的計測

(1) 調査概要

犠牲陽極材の防食効果をモニタリングするため試験施工箇所に埋設した照合電極を用いて、防食電流量と復極量を計測した。復極量の計測は、犠牲陽極材と鉄筋の間に流れる防食電流を一時的に停止し、通電遮断直後の電位と24時間後の電位差の測定をした。

(2) 調査結果

防食電流量と復極量の経時変化を図-2、3に示す。防食電流量は初期値が大きく値の増減はあるが、時間経過に伴って減少傾向にある。通電開始から60ヶ月後に測定した調査箇所において0.004~0.130 mAの範囲を示し、全ての箇所で防食電流量が生じていることを確認することができた。

復極量の60ヶ月後の測定値は62~310 mVの範囲を示し、4箇所中1箇所を除き外部電源方式の管理基準の目安となる100 mV以上を示していた。なお、No.3箇所については防食電流量及び復極量とも最小値を示していた。

表-1 調査箇所の概要

No.	施工箇所	犠牲陽極材
1	A線 13k556m 側壁継手部	埋設型(亜鉛38g) 取替型(亜鉛85.5g)
2	A線 13k558m 側壁一般部	埋設型(亜鉛38g) 取替型(亜鉛85.5g)
3	B線 13k523m 側壁一般部	埋設型(亜鉛38g) 取替型(亜鉛85.5g)
4	B線 13k525m 側壁一般部	埋設型(亜鉛38g) 取替型(亜鉛85.5g)

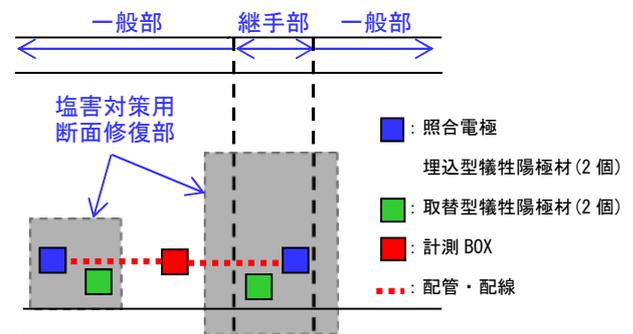


図-1 調査箇所の設置概要

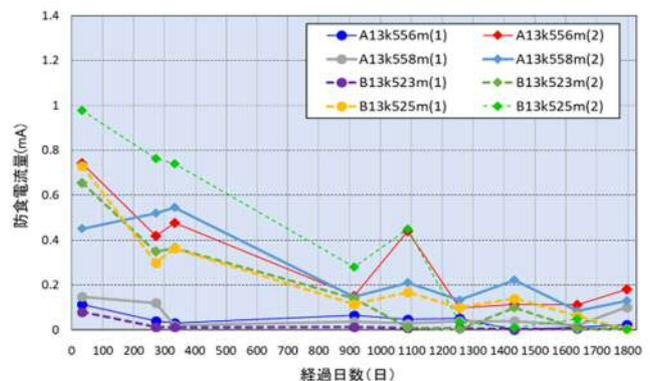


図-2 防食電流量の経時変化

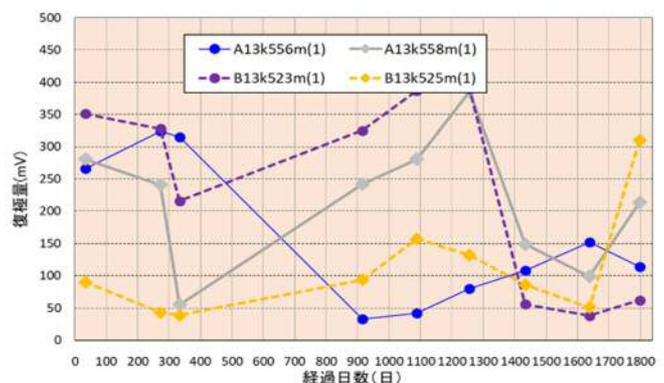


図-3 復極量の経時変化

キーワード 地下鉄トンネル, 塩害対策, 犠牲陽極材, モニタリング, はつり調査

連絡先 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町1-36-5 (株)メトロレールファシリティーズ TEL03-5623-5717

4. はつり調査

(1) 調査概要

塩害対策を実施した箇所の鉄筋腐食状況を確認するため、1箇所あたり700mm×600mmの補修範囲に加え、補修範囲外側+100mmの既設コンクリートのはつり調査を行い、マクロセル腐食の有無について確認をした。鉄筋腐食の評価については、日本コンクリート工学が定める防食指針に準拠した。犠牲陽極材の効果持続年数は、はつり出した犠牲陽極材の質量減少率及びファラデーの法則から求まる理論値の質量減少量を算出した。はつり調査箇所の選定については、過年度はつり調査を実施し、鉄筋の腐食が認められなかった箇所の防食電流量の値を下回っている箇所とした。

(2) 調査結果

はつり調査の状況を写真-1に示す。断面修復前のケレンを行った鉄筋の状況と比較しても、犠牲陽極材の周囲においては鉄筋腐食の進行はなかった。また、補修範囲外の既設コンクリートにおいても犠牲陽極材設置の鉛直上の鉄筋には腐食が認められずマクロセル腐食も発生していなかった。

はつり出した埋設型犠牲陽極材の亜鉛質量減少量は、No.3を除き18.8g～26.6gの範囲であり、約2～5年程度の残存年数となった。想定していた持続年数の約10年より早く防食効果がなくなると考えられる。これは調査箇所が漏水環境下であり、継続的に塩化物イオンの供給があるために腐食環境が厳しく、想定していた亜鉛の減少量よりも大きくなったと推測される。しかし、厳しい環境下の中でも鉄筋腐食が認められなかったことから犠牲陽極材の防食効果は有していると考えられる。

取替型犠牲陽極材の亜鉛質量減少量は、0.0～6.2gの範囲であり、減少量が著しく小さくなった。この原因として犠牲陽極材は亜鉛の表面が酸化反応を生じることで鋼材の腐食を抑制するが、亜鉛がモルタルで被覆されていない部分があり、亜鉛の減少が少なかったと考えられる。また、取替型のため鉄筋から犠牲陽極材が離れており抵抗が増大することで発生電流量も小さくなったとも考えられ、取替型の設置方法について検討する必要がある。

5. まとめ

塩害対策の施工後約4年9ヶ月経過しても、復極量と防食電流量が生じていることが確認でき、はつり調査においても鉄筋の腐食が認められなかったことから、現在でも犠牲陽極材の防食効果が有していることが確認できた。今後も、モニタリング調査を継続して犠牲陽極材の効果持続期間等について検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 田口真澄, 篠原秀明, 小椋紀彦: 地下鉄開削トンネルにおける塩害補修工法の防食効果持続性の検討
令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講習会 VI-330

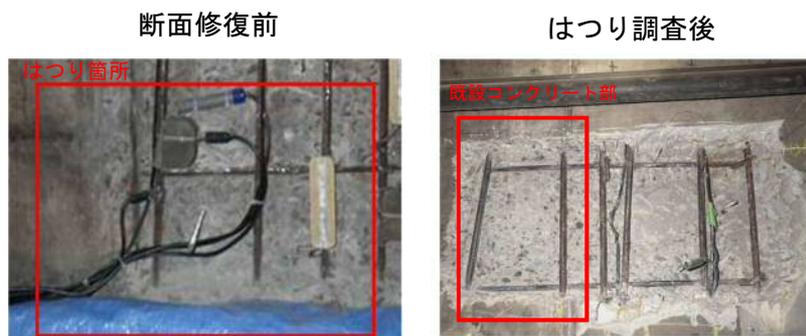


写真-1 はつり調査 (No.3)

表-2 埋設型犠牲陽極材の残存年数

No.	解体試験				
	初期質量 (g)	試験終了後質量 (g)	質量減少量 (g)	質量減少率 (%)	残存年数
No.1	38.0	14.2	23.8	62.63	約3年
No.2		15.2	22.8	60.00	約3年
No.2-2		13.0	25.0	65.79	約3年
No.3		34.4	3.6	9.47	約50年
No.4		19.2	18.8	49.47	約5年
No.4-2		11.4	26.6	70.00	約2年

表-3 取替型犠牲陽極材の残存年数

No.	解体試験				
	初期質量 (g)	試験終了後質量 (g)	質量減少量 (g)	質量減少率 (%)	残存年数
No.1	85.5	79.3	6.20	7.25	約66年
No.2		85.5	0.00	0.00	-
No.3		85.4	0.10	0.12	約4275年
No.4		83.6	1.90	2.22	約222年
No.4-1		84.2	1.30	1.52	約323年