

鉄道トンネル中央通路に対する埋設型点状流電陽極工法の効果持続性と耐用年数に関する検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○鈴木 大樹
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 湯浅 康史

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 北里 龍馬
株式会社ピーエス三菱 正会員 嶋谷 知繁

1. 背景と目的

近年、図-1に示すような鉄道トンネル中央部の保守作業通路(以下、中央通路)において、底版と側壁との境界面に漏水が侵入し、境界面近傍の軌道側鉄筋の腐食を主要因とする側壁傾斜が確認されている。現在、傾斜部の取換えを実施中であるが、大規模な工事となり経済性に課題がある。このため、傾斜を未然に防止するための対策として、埋設型点状流電陽極工法に着目し、実構造物における試験施工¹⁾を実施した。本稿では、約600日の追跡調査から、腐食抑制効果の持続性や範囲、陽極の耐用年数について検討した。

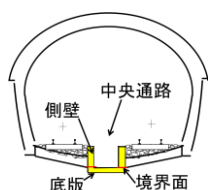


図-1 鉄道トンネルの中央通路の概要

2. 試験施工の概要

試験施工の概要図を図-2に示す。陽極は450mm間隔とし境界面より100mm上部に設置した。陽極システムの選定を目的に、バックフィル材はLiOHタイプ(以下、TYPE-1)とLiNO₂タイプ(以下、TYPE-2)の2種類を用いた。陽極等間隔部の腐食抑制効果の持続性および陽極の腐食抑制範囲の評価を目的に、電位測定用のワイヤーセンサー(以下、センサー)²⁾を境界部近傍が測定可能な状態で、陽極間中心およびA1/A5陽極から左へ250~400mm間隔で配置した。測定は約3ヶ月の間隔で約600日間実施した。

3. TYPE-1の測定結果

TYPE-1の結果を図-3に示す。鉄筋の復極量(以下、復極量)の評価は、一般的な防食基準100mVと、筆者らが実施した実物大供試体の分極試験から定めた腐食抑制効果の指標50mV³⁾により行う。図-3(A)に示すように陽極等間隔部の復極量は、計測初期は、100mV以上と高く、十分な防食効果が確認されたが、経時的に大幅に低下し、180日後以降は50mVを下回った。この要因は、図-3(B)に示すように陽極のoff

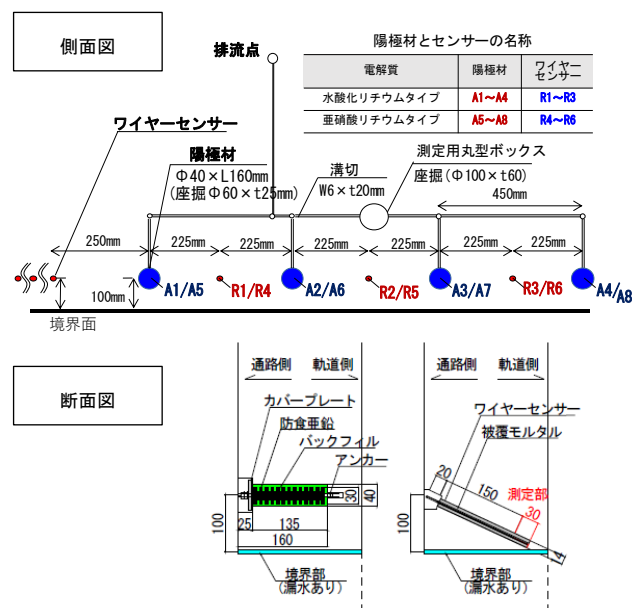
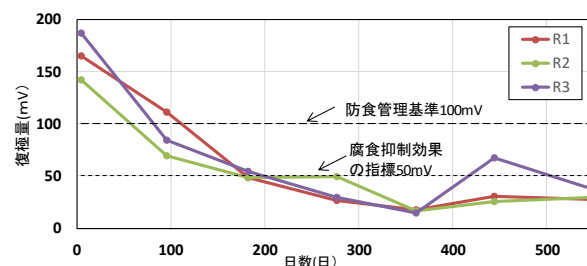
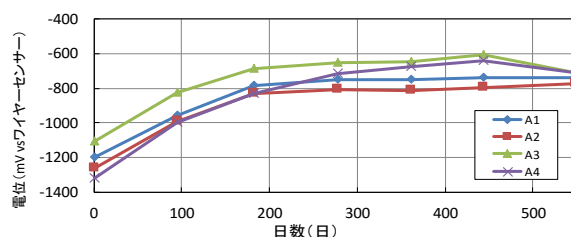


図-2 試験施工の概要図



(A) 陽極等間隔部の復極量



(B) 陽極の off 電位

図-3 TYPE-1の試験結果

電位の大幅な貴化に示されるようにバックフィル材の乾燥や亜鉛表層のpHの低下による陽極の不活性化と考えられる。以上より、本構造物におけるTYPE-1の適用性は低いものと判断した。

4. TYPE-2の測定結果

TYPE-2の測定結果を図-4に示す。図-4(A)に示

キーワード 鉄道トンネル, 中央通路, 維持管理, 流電陽極, 鉄筋腐食

連絡先

〒673-0016 兵庫県明石市松の内 西日本旅客鉄道(株) 神戸新幹線土木技術センター TEL078-928-0532

すように、陽極の off 電位は概ね卑な値を維持しており、TYPE-1 のような不活性化による大幅な貴化は生じておらず、陽極性能は維持されていると考えられる。次に、図-4 (B) に示すように陽極等間隔部の復極量は、計測初期は 80~130mV であり、その後緩やかに低下する傾向を示したが、490 日の結果を除き、概ね 600 日後まで腐食抑制効果の指標 50mV を上回る値で推移している。490 日での復極量の低下は、図-4 (C) に示す鉄筋の off 電位が通電前の値より卑な値で推移し、特に 220~490 日では卑化傾向であることから、試験施工箇所はトンネル内の漏水により供給酸素が少ない湿潤環境であり、通電により酸欠状態となった⁴⁾ため生じたと推定される。一方、600 日での復極量の増大は、図-4 (C) の off 電位の貴化に示されるように湿潤環境の緩和によるものと考えられる。以上より、湿潤環境により一部復極量が 50mV を下回る場合があるものの、TYPE-2 は経時的な腐食抑制効果が期待できると判断された。

A5 陽極からの離隔と復極量の関係を図-4 (D) に示す。陽極に最も近い 250 mm 位置でも、計測初期では 50mV 以上であるものの、経時的に 50mV を大きく下回り、十分な腐食抑制効果は期待できないと判断された。この結果と図-4 (B) の結果より、陽極の設置間隔は 450mm 程度が適切であると考えられる。

5. 陽極の耐用年数と取替時期の検討 (TYPE-2)

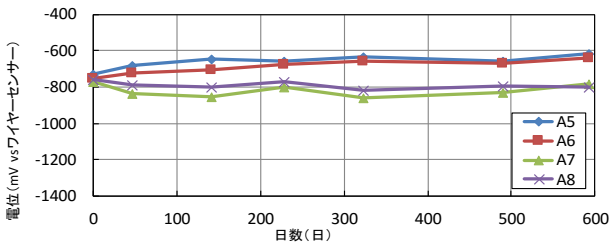
本工法では、亜鉛の消耗後に陽極の取替を計画しており、TYPE-2 の計測結果から陽極の耐用年数を推定した。耐用年数は、亜鉛の有効質量を 50%とし、図-5 に示す計測結果の平均電流量からファラデーの電気分解の第一法則に基づき算出した年間消耗量で除すことで推定した。推定結果を表-1 に示す。ばらつきはあるものの、耐用年数は少なくとも約 40 年であり、その間、取替えが不要と推定された。

6. まとめ

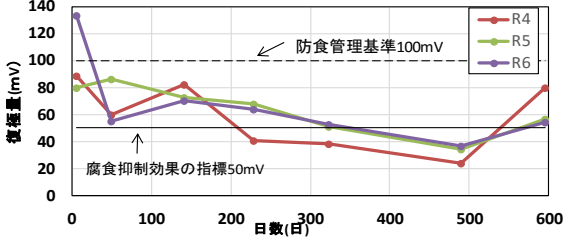
鉄道トンネル中央通路における埋設型点状流電陽極工法の試験施工の追跡調査の結果、電解質に LiNO₂を使用した陽極を 450mm ピッチで配置することにより、持続的な腐食抑制効果が期待でき、約 40 年の間、取替えが不要と推定された。

参考文献

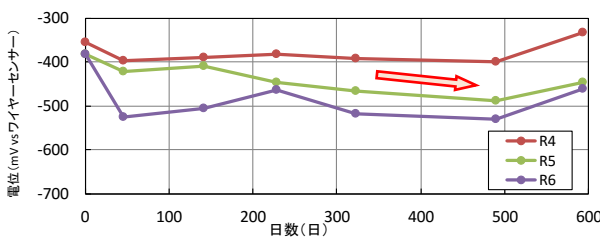
1) 北里ら：鉄道トンネル中央通路側壁に対する埋設型点状流電陽極工法の適用性に関する検討, 土木学会第 73 回年次学術講演会,



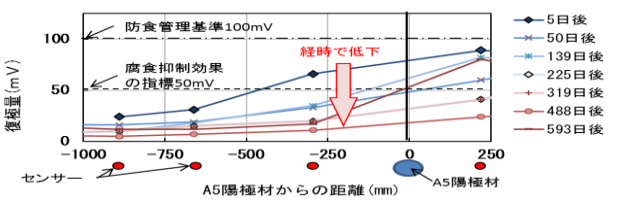
(A) 陽極の off 電位



(B) 陽極等間隔部の復極量



(C) 鉄筋の off 電位



(D) A5 陽極からの離隔と復極量の関係

図-4 TYPE-2 の試験結果

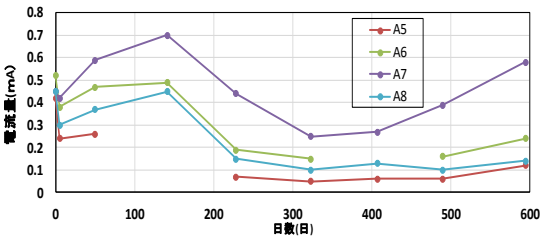


図-5 電流量の経時変化 (TYPE-2)

表-1 陽極材の耐用年数の推定結果

陽極 No.	亜鉛			
	質量 (g) ①	有効質量 (g) ② = 0.5 × ①	年間消耗量 (g) ③	耐用年数 (年) ④ = ② / ③
A5	373	186.5	1.5	124.3
A6	373	186.5	3.1	60.2
A7	373	186.5	4.6	40.5
A8	373	186.5	2.5	74.6

V-374, pp.747-784, 2018

2) 杉浦ら：チタンワイヤーセンサーを用いたコンクリート中の簡易腐食診断への適用性, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.1233-1238, 2016

3) 北里ら：鉄道トンネル中央通路側壁における流電陽極工法の腐食抑制効果に関する検証実験, 土木学会第 74 回次学術講演会, V-193, 2019

4) 物理化学的解釈に基づく電気化学的計測手法の体系化に関する研究委員会報告書, シンポジウム論文集, pp.284-296, 2015