

中性化と内的塩害で複合劣化した RC 構造物への流電陽極法の適用

西日本旅客鉄道	正会員	○吉田 隆浩
広成建設	正会員	常守 洋
ナカボーテック	正会員	小城 守
京都大学大学院	フェロー	宮川 豊章

1. はじめに

大気中に位置する構造物では、コンクリートの比抵抗が高いため、電気防食を適用する際には、適用電圧を広く調整できる外部電源法が主に採用されている。しかし、著者らが行った実験的検討の結果、コンクリートの比抵抗が比較的高い状態であっても流電陽極法による腐食抑制は可能であることがわかった。そこで、本稿では、コンクリートの比抵抗が高いと考えられる内陸部において、代表的な劣化機構である中性化と内的塩害により複合劣化した RC ラーメン高架橋の中間スラブに、犠牲陽極材としてアルミパネルを用いた流電陽極法を適用し、約 2 年間に亘って季節変動を考慮した追跡調査を行った。そして、追跡調査結果から防食効果および犠牲陽極材の耐久性について評価した。

2. 補修対象構造物の概要

補修対象部位は、RC ラーメン高架橋の中間スラブで、過去に部分断面修復工法により補修された経緯があり、旧断面修復部を含むその周囲や未補修部が劣化していた。旧断面修復部の比抵抗を測定したところ $125\text{k}\Omega\cdot\text{cm}$ であり、比抵抗は高い結果を示した。次に、補修前に、かぶり、中性化深さ、鉄筋腐食度、塩化物イオン量の調査を行った。塩化物イオン量の深さ方向の分布を図-1に示す。図より、中性化残りは 10mm 以下を示し、中性化により塩化物イオンが移動濃縮していることが確認された。また、鉄筋腐食度を既往の研究に示される判定指標²⁾により評価したところ、鉄筋腐食度は最大で IIb 程度（部分的に断面欠損が認められる程度）であった。以上より、当該高架橋は内陸部に位置しているため、中性化と建設当時に混入されていた塩化物イオンの影響を受けて複合劣化したコンクリート構造物であると考えられる。打音検査の結果、スラブ全面積に対して約 16%の剥離・浮き箇所が認められたため、部分断面修復した後に犠牲陽極材を設置した。なお、鉄筋の電位や復極量の分布を測定するために、旧断面修復部周囲や断面修復部およびその周囲に照合電極を埋設した。犠牲陽極材の設置状況および設置完了状況を写真-1、写真-2に示す。

3. 調査結果

3.1 通電電流密度

通電電流密度の経時変化を外気温の変化と併せて図-2に示す。通電電流密度は、外気温との相関が認められ、外気温の変動に伴

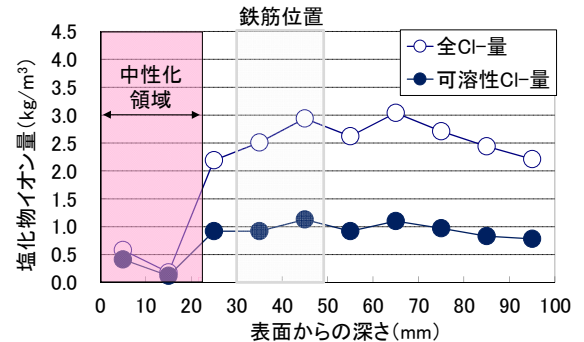


図-1 塩化物イオン量の深さ方向の分布



写真-1 犠牲陽極材の設置状況

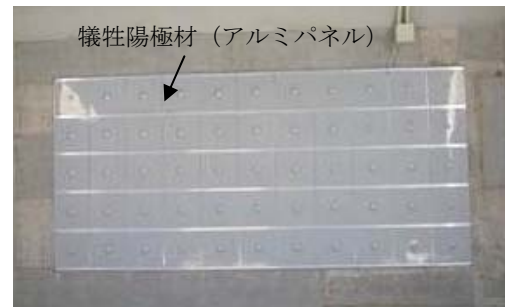


写真-2 犠牲陽極材の設置完了状況

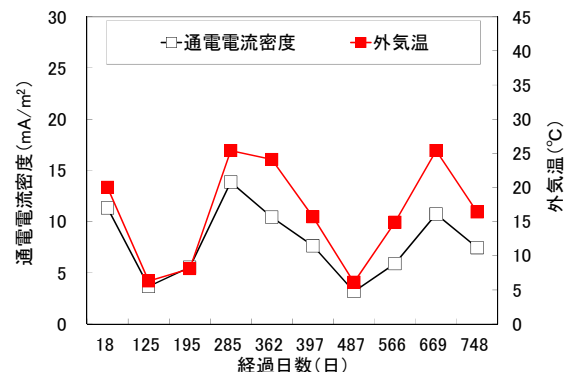


図-2 通電電流密度の経時変化

キーワード 電気防食, 流電陽極法, 犠牲陽極材, 電流密度, 復極量

連絡先 〒530-8341 大阪市北区芝田 2-4-24 鉄道本部 施設課 土木技術課 TEL 06-6375-2192

い増加と低下を繰り返す傾向が確認された。また、土木学会指針³⁾に示される電気防食工法における標準的な防食電流密度の範囲(1～30mA/m²)から評価すると、適切な電流密度が供給されているものと考えられる。また、年間の平均電流密度を計算すると、1年目は8.6mA/m²、2年目は6.9mA/m²となり、通電電流密度は時間の経過とともに低下傾向を示した。

3.2 鉄筋電位および復極量

鉄筋のインスタントオフ電位(E_{io})および復極量の分布を図-3に示す。図より、防食前の自然電位の分布では、旧断面修復部境界付近に電位差が認められたが、いずれの位置においても防食前の自然電位と比較してカソード側に分極している状況が認められた。復極量の経時変化ではいずれの位置においても100mV以上を示し、防食状態にあると考えられる。前項では、通電電流密度が経時的に減少する傾向にあることを示したが、継続的に通電することで鉄筋の分極抵抗が増大している影響と考えられる。

3.3 犠牲陽極材の耐久性

犠牲陽極材の耐久性は、防食対象となる鋼材の腐食速度や構造物の環境条件によって変化するものと考えられるため、飛来塩分等の外部からの劣化因子が少ない内陸部では、犠牲陽極材の長期耐久性が期待できるものと考えられる。ここで、犠牲陽極材の寿命は、有効電気を考慮した積算電気量と犠牲陽極材の質量減少量から求めることができるが、3年目以降の測定結果がないため、布田らが報告した亜鉛シート方式の約10年間の測定結果⁴⁾を準用して年間平均電流密度の予測式(1)を導出した。これより、年間平均電流密度の経年変化を求めることができる。

$$y = 10.38e^{-0.188x} \dots (1)$$

ここに、 y : 年間平均電流密度 (mA/m²) x : 経年 (年)

そして、年間平均電流密度から積算電気を算出し、有効質量(犠牲陽極材として有効に機能すると考えられる質量)を50%と仮定⁵⁾して犠牲陽極材の寿命を予測した。結果を図-4に示す。使用したアルミパネルは、比重が2.7g/cm³で厚さが2mmのため、有効質量は厚さ1mmとして2.7kg/m²と計算できる。図より、経年により犠牲陽極材の質量減少量は増加し、質量減少量が有効質量と一致したとき、犠牲陽極材は寿命と考えることができる。以上より、本稿で対象としたRCラーメン高架橋においては、犠牲陽極材の推定寿命は約35年期待できるものと考えられる。

4. まとめ

内陸部に位置し、中性化と内的塩害により複合劣化したRCラーメン高架橋の中間スラブに、アルミパネルを犠牲陽極材として用いた流電陽極法を適用した結果、100mV以上の復極量が認められ、施工対象とした高架橋では犠牲陽極材の寿命(耐用期間)は約35年と推定された。

【参考文献】1) 吉田ら：中性化と内的塩害により複合劣化したRC部材への流電陽極方式電気防食の適用性に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，2014 2) 鳥取ら：鉄筋腐食からみた既設鉄道高架橋の耐久性評価，コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム論文集，1998 3) 社団法人土木学会：電気化学的防食工法 設計施工指針(案)，コンクリートライブラリー107，2001 4) 布田ら：コンクリート鉄道橋に適用した各種電気防食工法における長期検証結果，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，2010 5) 吉田隆浩：流電陽極法を用いた鉄筋コンクリート構造物の維持管理に関する研究，京都大学博士論文，2015

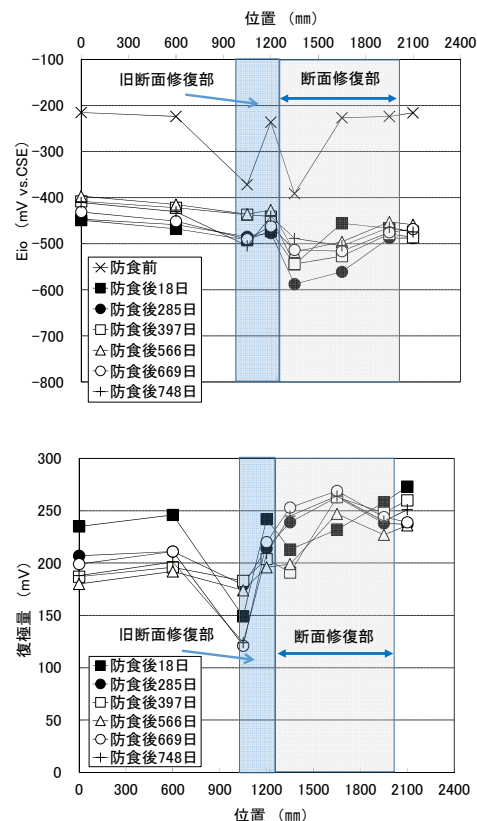


図-3 鉄筋電位と復極量

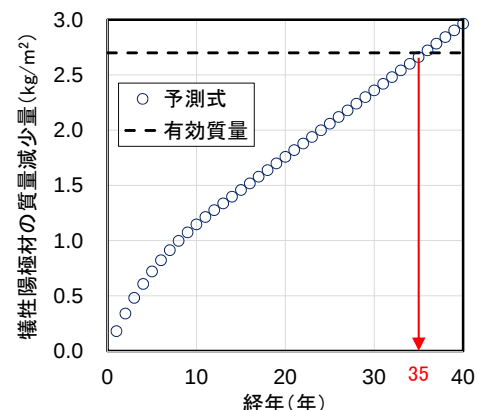


図-4 犠牲陽極材の推定寿命