

コンクリート構造物への電気防食の施工事例

(株)ピーエス三菱 正会員 工学博士 ○石井 浩司

(株)ピーエス三菱 正会員 渡辺 寛

(株)ピーエス三菱 穴沢 雅明

1. はじめに

我が国において、メンテナンスフリーとの認識で数多くのコンクリート構造物が 20 世紀初頭から建設され、重要な社会基盤を形成している。

しかし、1970 年代以降にはコンクリート中の鋼材が腐食する現象が顕在化した。これは十分に洗浄されていない海砂を使用したり、海岸からの飛来塩分がコンクリート中に浸透した結果で、予定された構造物の寿命よりも著しく早く損傷が開始することから、「塩害」と呼ばれた。

塩害対策として、電気防食工法がある。電気防食工法の歴史は、鋼構造物では古いですが、コンクリート構造物への適用は 1980 年代と比較的、新しい。しかし、有望な対策として研究・開発され、現在では、数多く施工されるようになり、さらには土木学会から設計施工指針(案)が出版されるにまで至っている。

本稿は、チタングリッド陽極を用いた電気防食工法による施工事例を紹介するものである。

2. 電気防食工法の種類

電気防食工法は、使用する陽極材の形状によって分類すると、図-1 に示すようにコンクリート表面全面に陽極材を設置する面状陽極方式、帯状の陽極材を一定間隔でコンクリート中に埋設する線状陽極方式、および棒状陽極材をコンクリート中に埋設する点状陽極方式に分かれる。

チタングリッド陽極を用いた電気防食工法は、線状陽極方式であり、コンクリート全面を覆う面状陽極方式と比較して、以下の特徴を有する。

- ① 死荷重の増加が小さい。
- ② 陽極被覆材の耐久性が高い。
- ③ 剥落防止・補強工法など、他工法との併用が容易。
- ④ 維持管理が容易。

2. 電気防食工法の設計

チタングリッド陽極を用いた電気防食工法の設計フローを図-2 に示す。

(1)防食回路の決定

防食回路の決定は、1 回路当たりの面積、施工部位や外部環境を考慮して決定する。

(2)陽極配置の決定

コンクリート中の鋼材に均一に電流を通電させ、陽極材の耐久性を損なわせないような配置を決定する。鉄筋量か

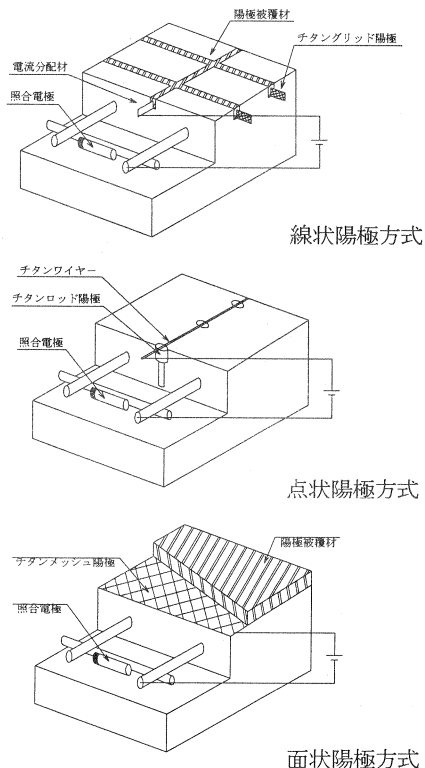


図-1 電気防食工法の種類

ら算出される設計防食電流量と、仮定した陽極配置から算出される限界防食電流量から照査する。さらに、必要であればFEM解析を用いて、均一な電流分布が得られることを照査する。

(3)通電点、排流点の決定

通電点、排流点の位置は、均一な電流分布に影響を与える。通電による電流分配材とチタングリッド陽極の電圧降下を算出し、照査する。

(4)電源装置の設計

設計防食電流量、電源効率、通電による配線の電圧降下などを考慮して、電源装置の定格出力を定める。

(5)モニタリング回路の設計

モニタリング回路は、防食状態を把握することを目的としており、外部環境、健全部と劣化部などを考慮して、設計を行う。

(6)配線・配管の設計

配線・配管の耐久性に影響を与える外部環境、防食電流による電圧降下を考慮して、設計を行う。

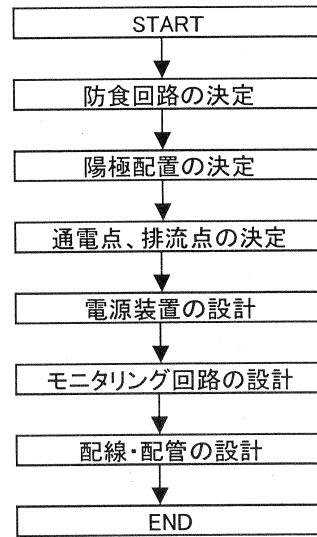


図-2 設計フロー

3. 電気防食工法の施工事例

(1)プテンション方式T桁橋への適用

構造物の概要は以下の通りである。

- ・上部工形式：単純T桁橋
- ・桁 長：19.980m
- ・竣工：1971年
- ・損傷原因：飛来塩分
- ・補修履歴：1987年(断面修復+樹脂塗装)
1995年(電気防食)

電気防食施工前の損傷状況を写真-1に示す。再補修であることもあり、PC鋼材の腐食も目立ち、損傷程度は加速期と考えられた。

電気防食の施工は樹脂塗装を除去し、損傷状況を把握した後に実施した。施工に際して、PC鋼材間、配筋筋間の電氣的導通が確保されていることを確認した。PC構造物への電気防食の適用に際して、PC鋼材の水素脆化が懸念されていた。そこで、本橋では、PC鋼材位置に照合電極を設置して、モニタリングを行う事にした。施工7年後の状況を写真-2に、図-3に電気化学的測定結果を示す。復極量は、電気防食の作動期間を通じて100mV以上確保されており、良好な防食状態を維持している。また、PC鋼材の表面上で水素が発生する電位には至っておらず、水素脆化の可能性は無いことが明確となった。さらに、防食電流密度は、通電初期に置いては15mA/m²

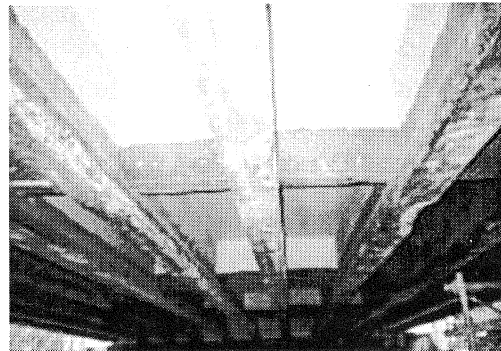


写真-1 施工前の損傷状況

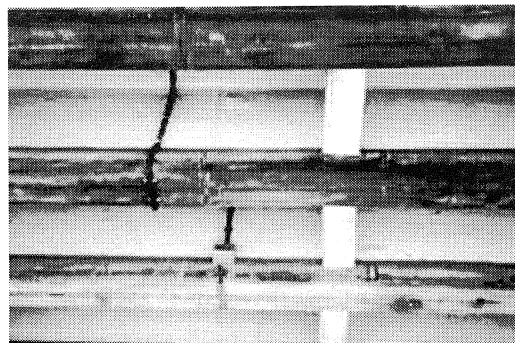


写真-2 施工7年後の状況

～20mA/m² (コンクリート表面積当たり) 程度であったが、作動期間が長くなると共に低下しており、2mA/m² 程度まで低下していた。

写真-2 に電気防食施工 7 年後の状況を示す。電気防食の施工と同時に、一部、従来工法 (断面修復+樹脂塗装) により再補修を実施した。施工 7 年後の損傷状況を写真-3 に示す。電気防食を施工した場合、コンクリートの剥落や錆汁発生は認められなかったが、従来工法で施工した場合には塩化物を含んだコンクリートを除去しなかったことや、塩化物を含んだコンクリートと断面修復材との間に生じるマクロセル腐食が原因で、再劣化が生じていた。

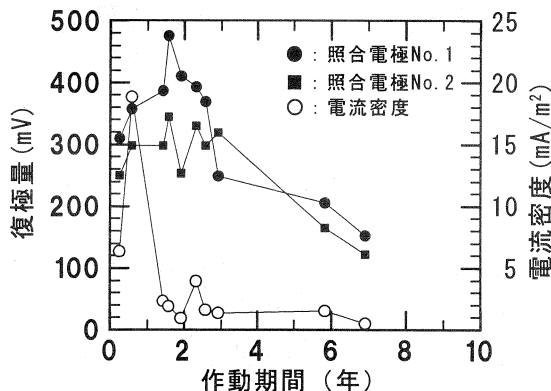


図-3 電気化学的測定結果

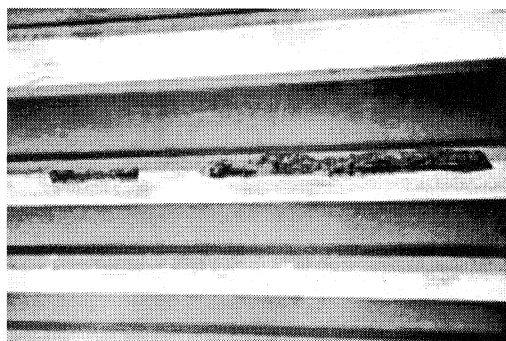


写真-3 従来工法による再補修 7 年後の損傷状況

(2) ポストテンション方式 T 桁橋への適用

構造物の概要は以下の通りである。

- ・上部工形式: 単純 T 桁橋
- ・桁 長: 46.000m
- ・竣 工: 1981 年
- ・損傷原因: 飛来塩分
- ・補修履歴: 1997 年 (断面修復+樹脂塗装、電気防食)

電気防食施工前の損傷状況を写真-4 に示す。PC 鋼材の腐食は認められなかったが、一部、シースが腐食により溶解して無くなっている状態で、進展期と考えられた。

PC 鋼材、シース、配力鉄筋の電気的導通は確保されていたが、鋼製スペーサーがコンクリート表面に露出していたために、除去してから、施工した。

電気化学的測定結果を図-4 に示す。電気防食の作動期間を通じて、100mV 以上の復極量を確保しており、良好な防食状態を維持している。写真-5 に、施工 6 年後の状況を示す。施工後に損傷を受けた様子は認められず、電気防食によって鋼材腐食が抑制されているものと考えられる。



写真-4 施工前の損傷状況

(3) RC 橋への適用

構造物の概要は以下の通りである。

- ・上部工形式: 3 径間連続中空床版橋 2 連
- ・橋 長: 40.700m

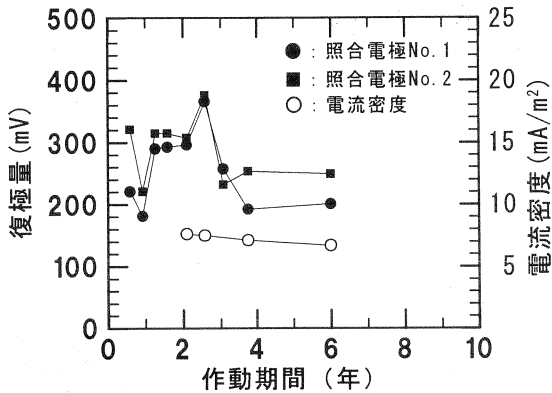


図-4 電気化学的測定結果

- ・ 損傷原因：洗浄不足の海砂使用
- ・ 竣工：1974年
- ・ 補修履歴：2003年（電気防食）

電気防食施工前の損傷状況を写真-6に示す。施工完了状況を写真-7に示す。

本橋は、跨道橋であるために、写真-8に示すように中央径間は剥落防止対策と電気防食併用を行った。剥落防止対策は、樹脂ネットと樹脂塗料を用いて施工した。陽極被覆材上に樹脂塗装することは、電気防食の正常な作動を妨げる。しかし、本工法を採用した場合、陽極の設置位置を除き、樹脂塗装することが可能であるため、剥落防止対策との併用が容易であった。

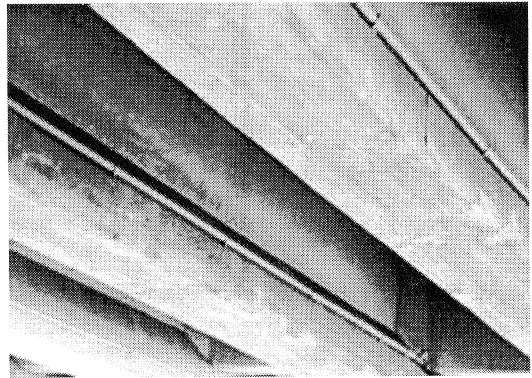


写真-5 施工6年後の状況

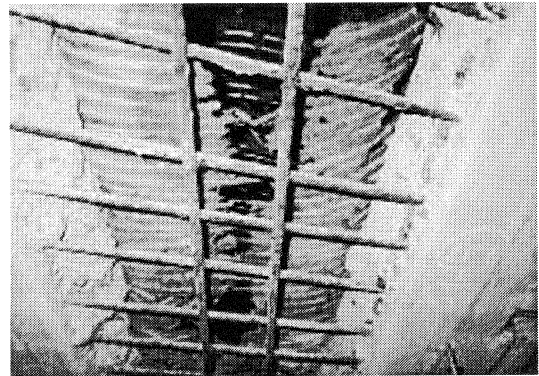


写真-6 施工前の損傷状況

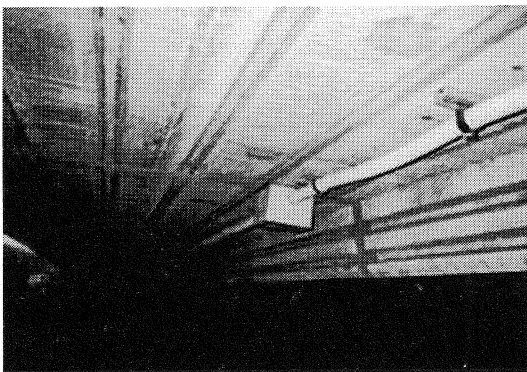


写真-7 施工完了状況

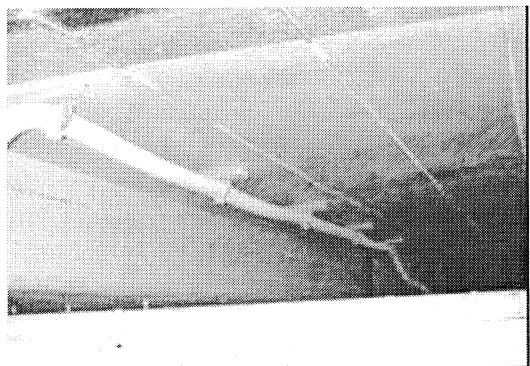


写真-8 剥落防止対策との併用

4. まとめ

チタングリッド陽極の施工事例を紹介すると共に、長期間の電気化学測定結果、従来工法との比較から電気防食の防食効果について明らかにした。本稿が今後の同種工事の参考になれば幸いである。