

(99) PC橋の電気防食工事(弁天大橋)

建設省 北陸地方建設局 糸魚川国道維持出張所 立野 常幸
 (株)日本ピーエス 技術管理部 技術開発課 正会員 ○濱岡 弘二

1. はじめに

近年、コンクリート構造物が塩害により損傷し、補修の必要に迫られるという報告が多くなっている。この補修方法として、現在はコンクリート表面被覆や部分的な断面修復等で対処している。しかし、一度コンクリート中に入った塩分は完全に除去できず、鋼材腐食が内部で進行し、再補修が必要になってくる。このような状況から、コンクリート構造物の鋼材腐食を電気化学的に抑制する電気防食工法が注目されてきている。本報告は、海岸部に架橋されたプレストレストコンクリート橋の塩害補修工事に、三方式の電気防食工法を用いた施工報告であり、各方式の施工方法・特徴及び通電開始一定期間後の計測結果について記述する。

2. 電気防食の概要

2-1 電気防食工法の原理

健全なコンクリート中の鋼材は腐食がほとんど起こらない。しかし、塩分が鋼材に接触すると不動態被膜が壊れ腐食が発生する。この腐食部分は他の鋼材表面より電位が卑(アノード部)となり、この部分から健全な部分(カソード部)に電流が流出し、一種の電池が形成される(図-1参照)。この鋼材に直流電流を流してやると、電流は優先的にカソード部に入る。電流を流し続けるとカソード部の電位は卑となっていき、ついにはアノード部の電位と等しくなる。すなわち、鋼材面に発生していた腐食電池の電位差が消滅し、この結果腐食が抑制される。これが電気防食工法の原理である。

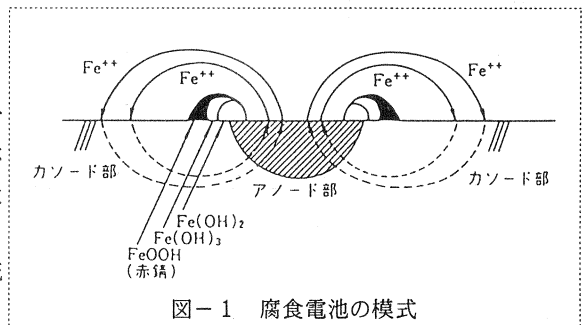


図-1 腐食電池の模式

この鋼材に直流電流を流してやると、電流は優先的にカソード部に入る。電流を流し続けるとカソード部の電位は卑となっていき、ついにはアノード部の電位と等しくなる。すなわち、鋼材面に発生していた腐食電池の電位差が消滅し、この結果腐食が抑制される。これが電気防食工法の原理である。

2-2 電気防食工法の長所と短所

(1) 長所

- ① 構造物内部に塩分が残っていても防食できる。
- ② 防食効果を特殊電極材とモニタリング装置を設置することによって監視できる。
- ③ 新設及び補修のいずれの場合にも適用可能である。
- ④ コンクリート中の鋼材にある程度の腐食が生じている場合、あるいは進行中のものにも適用できる。

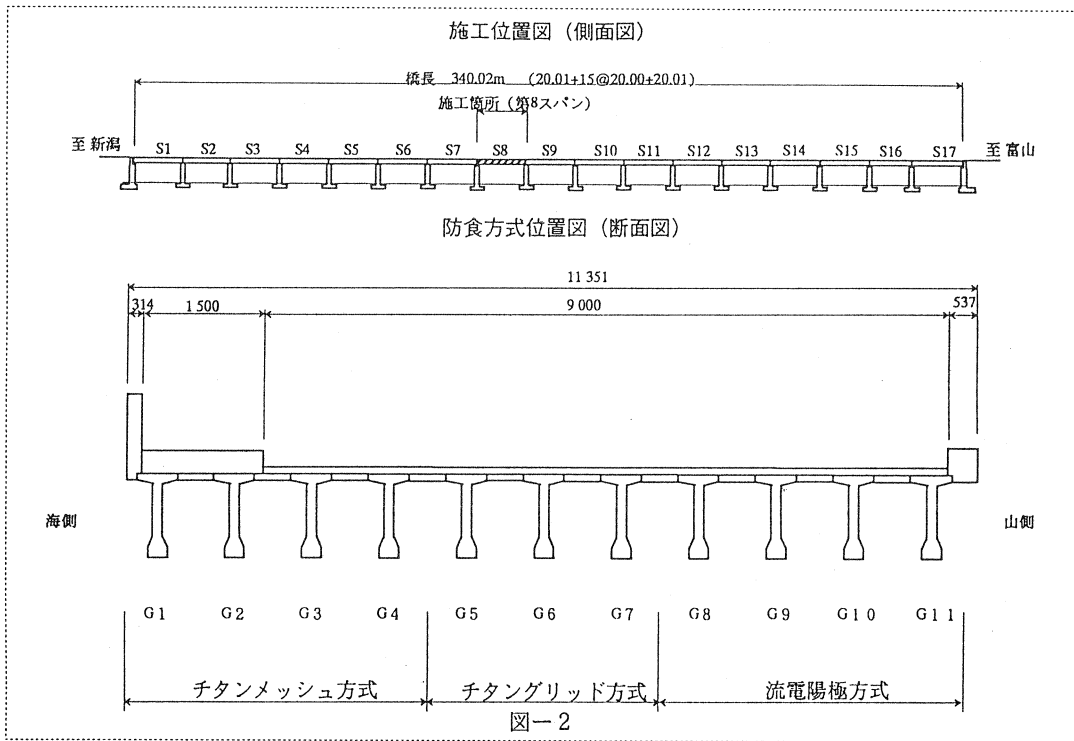
(2) 短所

- ① 他の防食工法と比較して、初期投資が多少高い。
- ② 施工後、電源装置・防食電流等を定期的に点検する必要がある。

3. 工事概要及び橋梁調書

3-1 工事概要

工事名: 弁天大橋他橋梁補修工事 路線名: 一般国道8号線
 工期: 平成7年10月28日~平成8年3月29日
 発注者: 建設省 北陸地方建設局 高田工事事務所
 工事箇所: 新潟県西頸城郡能生町大字能生(電気防食施工箇所 第8スパン)
 本橋梁の側面図、断面図を図-2に示す。



3-2 橋梁調査

(1) 橋梁概要

竣工年月: 昭和46年11月

形式: PCプレテンション単純T桁橋

橋長: 340.02m(20.01m+15@20.00m+20.01m)

幅員: 11.353m(車道 9.0m 歩道 1.5m)

(2) 橋梁の環境状況

海岸からの距離: 海岸から0m

桁下高さ: 約7.5m

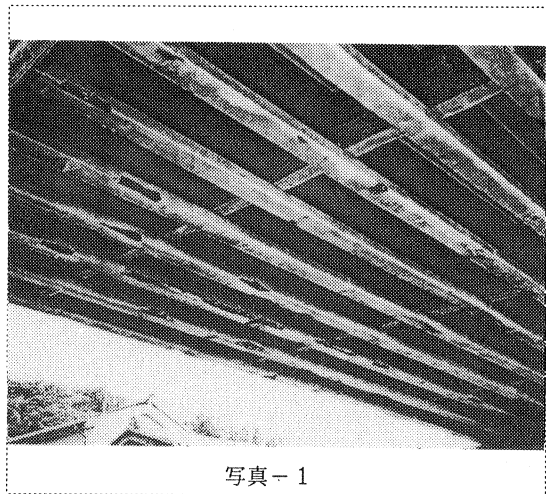
波しぶき: かかる

架橋環境: (橋下)砂浜、港湾(周辺)住宅

(3) 補修履歴(第8スパン)

昭和61年12月 断面修復・コンクリート塗装施工

施工前の第8スパンを写真-1に示す。



4. 施工

本工事は、試験施工ということで、チタンメッシュ(G1~G4)、チタングリッド(G5~G7)、流電陽極(G8~G11)の三方式を、プレテンションT桁の下フランジ部にみに適用した。施工フローを図-3に示す。

4-1 チタンメッシュ施工手順

(1) 導通確認試験

劣化部のハツリにより露出した鉄筋やPC鋼線の相互の電気的導通を、排流端子設置位置を基準に直流電圧を測定することにより確認する。導通不良の個所が存在した場合には、スポット溶接器等により鉄筋を溶

接し導通を確保する。

(2) モニタリング機器の設置

所定の位置のPC鋼線近傍に、電位測定用の照合電極をプラスチック性の固定治具を用いて固定する。また、その近傍の配力鉄筋に排流端子を溶接する。取付後、無機系補修材により、照合電極周辺を入念に充填する。

(3) チタンメッシュ陽極の設置

電気防食施工対象域の断面修復が完了した後に、チタンメッシュ陽極を専用のプラスチック釘を用いて固定する(写真-2)。

また、各チタンメッシュ陽極は、コンダクターバーとスポット溶接により接続し、各陽極間の電氣的導通を確保する。

(4) 陽極の被覆

陽極を設置後、断面修復に用いた無機系モルタルを左官により施工する。

(5) 端部処理

桁側面とハンチ部の施工目地及び陽極被覆端部について、シーリング材を用いて水密処理を行う。

(6) 配線・配管

各照合電極、陽極の通電点、排流端子を設置した位置に樹脂製の接続ボックスを取り付ける。また、直流電源やモニタリングユニットを収納するための電源ボックスを所定の位置に設置する。この接続ボックスと電源ボックス間を、JISに準拠した硬質塩化ビニル電線管と架橋ポリエチレン外装ケーブルにより配線・配管する。直流電源装置は、電気設備技術基準に準拠し、第3種設置工事を実施する。

(7) 仮通電試験

設置した電源ボックス内で、直流電源により防食電流を供給し電位を測定することにより、形成した防食回路とモニタリングが正常に作動することを確認する。

(8) 通電試験

陽極の被覆終了後、2~4週間後に通電調整のための試験を実施する。通電試験としてE-logI試験を実施し所要のシフト量の得られる防食電流密度を選定する。通常、鉄筋コンクリート構造物における防食電流密度としては、5~30mA/m²(コンクリート表面積当たり)程度であり、通電の長期化に伴い、徐々に減少する傾向にある。

(9) 通電開始

通電試験結果に基づき通電を開始する。また、通電開始後最低24時間以上経過した後に、設定した通電量により目標とする分極量が得られているかを確認し、定常通電を開始する。

4-2 チタングリッド施工手順

(1) 自然電位測定

コンクリート内部鋼材の自然電位(腐食状況)を測定する。

(2) 鉄筋かぶり調査

コンクリート表面より内部鋼材までのかぶりを調査し、チタングリッド・参照電極等の埋込位置を決定す

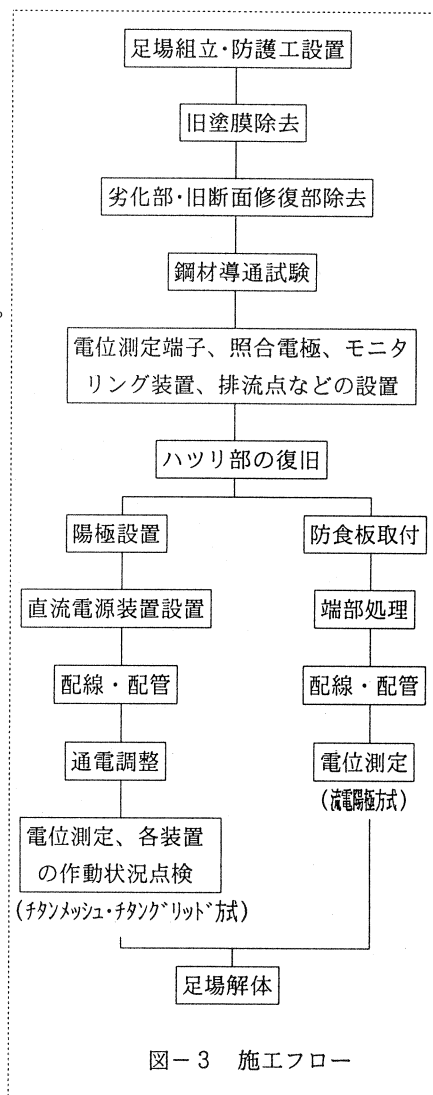


図-3 施工フロー

る。

(3) 導通確認試験

内部鋼材が全て電氣的につながっているかどうか試験する。導通不良の箇所がある場合は一体となるように処置する。

(4) 参照電極・排流端子設置

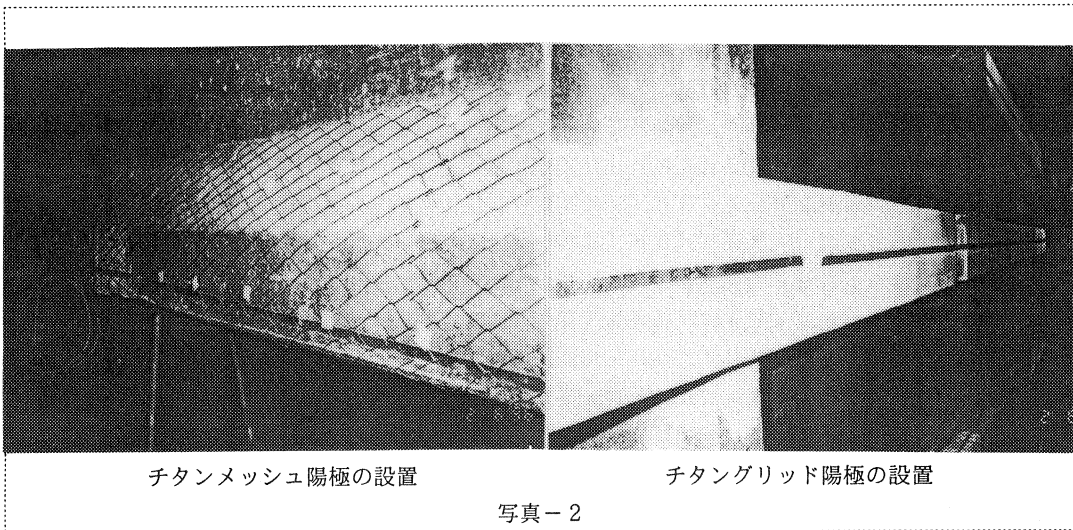
通電試験時の防食電流量の判定、通電後の維持管理用いる参照電極および内部鋼材に溶接し、防食電流を供給する排流端子を設置する。

(5) 溝切削工

チタングリッド陽極を設置する個所を、コンクリートカッターで幅25mm、深さ10mmにて切削する。

(6) チタングリッド陽極設置工

チタングリッド陽極を、切削した箇所に専用のグリップを用いて固定する。(写真-2)



(7) モルタル注入工

チタングリッド陽極設置後、型枠(透明アクリル板)を取付け無収縮モルタルを注入し、モルタル硬化後型枠を除去する。

(8) 配線・配管

各参照電極及び排流端子から、直流電源装置を結ぶ配線・配管を行う。管材としてプラスチック製可とう管、電線材として高圧架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル(CV)等を使用する。また各分岐点には、ブルボックス及びジャンクションボックス等を使用し、結線後防水処理する。

(9) 結線・通電

全ての装置の設置終了後、装置内の電線をつなぎ、直流電源装置のスイッチを入れ構造物に電流を流す。

(10) 復極量試験

構造物に通電してから7日後にスイッチを切り、24時間後の電位(復極量)を測定する。その復極量が100mV以上あれば、防食効果が有ると判断する。

4-3 流電陽極方式の施工手順

(1) 端子等設置個所のはつり

排流端子及び照合電極設置個所のコンクリートをはつり、内部鉄筋を露出させる。

(2) 排流端子等取付

露出させた内部鉄筋に、排流端子を溶接にて取り付ける。また、モニタリング用の照合電極は、インシュ

ロック等により内部鉄筋に固定する。

(3) 導通確認試験

排流端子を利用して、ハツリ出した鉄筋やPC鋼線の相互の電氣的導通を確認する。導通がない場合は導通用鉄筋にて導通を確保する。

(4) はつり部修復・コンクリート表面下地処理

はつり部は、電気抵抗率の小さい特殊セメント系補修用モルタルで埋め戻し、コンクリート表面を平滑な状態とする。また、コンクリート表面下地処理は、コンクリート表面の突起物や段差等を修正し平滑な状態とする。

(5) 防食板取付位置マーキング

防食対象域に電気防食板の取付位置をスケール、マーキングチョーク等を使用してマーキングする。

(6) アンカーボルト取付

電気防食板と同じサイズの型板を使用し、ハンマードリルにて削孔($\phi 8\text{mm}$ 、深さ約 40mm)し、その孔にアンカーボルトを挿入し、ピンをハンマーにて打ち込み固定する。

(7) 電気防食板取付

電気防食板を、所定の位置に予め打ち込んだアンカーボルトで固定する。ナット、座金等電気防食板の外部に現れるものは、防錆ペーストを注入したプラスチック製のボルトキャップで覆い保護する(写真-3)。

(8) 電気防食板結線

電気防食板相互のリード線を結線し、さらにそのリード線と排流端子のリード線をプルボックス内で結線する。なお、モニタリング用電気防食板は別回路とし、モニタリング用電気防食板相互を結線し、測定ボックスまで配線する。

(9) 端部処理

電気防食板相互の隙間部及び防食板の端部は充填材にて補修する。その際、電気防食板、排流用端子、測定用端子及び照合電極からのリード線は、表面に露出しないように埋設する。

(10) モニタリング装置配線・配管モニタリング用として取り付けられた電気防食板、測定用排流端子及び照合電極からの各リード線は、波付硬質ポリエチレン電線管(FEP $\phi 40$)にて保護し測定ボックスまで配線する。

(11) 測定ボックス設置

測定ボックスはアンカーボルトを使用し設置する

(12) 防食効果確認

施工完了後、通電7日以降にモニタリング装置を利用して鋼材の電位測定を実施し、防食電流遮断直後の電位変化量(復極量)が 100mV 以上であることを確認する。



写真-3 電気防食板取付

5. 各電気防食工法の特徴及び改良点

5-1 チタンメッシュ方式

(1) 特徴

この方法は外部電源方式なので、コンクリートの状態とは独立して防食電流量を自由に調整できるもので、高純度チタンをメッシュ状に加工し、コンクリート表面に配置して鋼材への電流分布の均一化を図る陽極システムである。陽極材自体の設置は簡略化されるが、陽極材とコンクリートとの密着性確保と陽極材保護のために施工されるオーバーレイモルタルの品質に十分配慮が必要である。本工事の三方式の中では、上述したように陽極設置が簡略化されるので施工性は一番良く、施工面積が大きくなれば経済性も向上して

くる。またモルタルでオーバーレイするため、美観的にも良好である。

(2) 改良点

陽極材保護のために施工されるオーバーレイモルタルの品質が重要となることから、その施工を現場において実施しなくとも良いように、予め陽極を埋設したモルタル板を製作し、それを現場において設置できるような構造にすれば、施工性も向上し、環境条件にも左右されなくなる。

5-2 チタングリッド方式

(1) 特徴

チタンメッシュ方式と同様、外部電源方式なので、防食電流量を自由に調整できるもので、コンクリート表面に30~40cmの間隔をおいて溝を切削し、その中に1x10mmのチタングリッド陽極を挿入固定し、セメント系ペーストを充填するものである。陽極材自体の設置は簡略化されるが、溝切削作業が困難である。また、陽極材保護のためのセメント系ペーストの完全充填が重要である。溝切削作業に手間はかかるが、その他の作業においては施工性は良好であり、チタンメッシュ方式とさほど変わらない経済性を有する。

また大きな特徴として、既設構造物の防食対象となるコンクリート表面上に、ライニング等の処理が施されている場合、それを除去することなく施工が可能である。

(2) 改良点

溝切削時における粉塵発生の問題と、施工後の溝切削跡の美観的問題が上げられる。

5-3 流電陽極方式

(1) 特徴

この方法における防食電流量は、陽極材の材質と施工量によって決定され、陽極施工後に電流量をコントロールすることは困難である。しかし、外部電源方式における配線の手間、や電源の管理は大幅に軽減できる。この陽極システムは、亜鉛シート板とコンクリート面に保水性のバックフィル材を介在させて、界面の隙間を無くして接触抵抗を下げ、かつ亜鉛の陽分極も低下させるものである。

亜鉛板設置作業におけるアンカーボルトの数量が多く、施工性は三方式の中では劣っている。経済性については、外部電源引込みの必要が無いことより、全体的に考えれば大差はない。

(2) 改良点

防食板設置作業の簡略化、防食電流の調整方法、及び陽極板・固定ボルトが表面に露出する美観的問題が上げられる。

6. 計測結果

大気中のコンクリート構造物の防食基準として、現在最も汎用性が高いと考えられているものが、0.1V復極基準と呼ばれるものであり、本工事もその基準により行った。この基準は、「電気防食中に一時的に通電を停止させ、停止直後の鋼材電位とその後安定した時点での電位との差が0.1V以上」というものである。

本工事で採用したチタンメッシュ・チタングリッド・流電陽極の三方式とも、通電開始1~2週間後の測定においては、上記の防食基準を満足していた。

7. あとがき

コンクリート構造物の塩害補修工法として、最も有効な補修方法として電気防食工法が注目されている。しかし施工実績が少ないことから、積算基準、防食基準、維持管理の方法・基準、新設構造物への適用性、及び各方式の耐久性等多数の問題がある。これらを解決するためにも、試験施工である本工事で追跡調査を行い、電気防食工法の実用化に向けた貴重なデータを収集し、より確実な電気防食設計に役立つことを期待する。