

# Zn カートリッジ工法の継続的補修効果

えしま あみだ  
— 絵島橋・阿弥陀橋 —

技術本部 技術部 大村信暁  
(株)ニューテック康和 事業本部 宮尾秀一

**概要：**Zn カートリッジ工法は塩害などによるコンクリート内部の鋼材腐食の抑制を目的としている。本工法は流電陽極方式による電気化学的補修工法で、コンクリート構造物の鋼材よりも錆びやすい流電陽極材と鋼材とを接続することで、内部の鋼材に微弱電流を流し、鋼材の腐食を抑制する。本稿では、海岸付近の橋梁と、凍結防止剤による塩害劣化が生じている橋梁に対し、設置方法の異なる2つのタイプのZn カートリッジを適用した。また、それらを定期的なモニタリングを実施し、継続的な補修効果を維持していることを確認した。

**Key Words：**Zn カートリッジ工法、塩害、電位変化量

## 1. はじめに

塩害による鋼材腐食の補修工法のひとつに外部電源方式による電気防食工法がある。この工法は、鋼材の腐食を抑制する効果は高いが、小規模な範囲では施工費用が高価となり、施工後の維持管理に技術的なノウハウが必要である等の課題がある。

一方、流電陽極方式による電気化学的補修工法は、電気防食工法と基本原理は同一であるが、外部電源方式の電気防食工法と比較し、施工方法および流電陽極の取り替え作業も容易であり、施工費用も安価であることから、小規模な橋梁や比較的軽微な塩害に対しての適用が期待される。

本稿では、流電陽極方式による電気化学的補修工法であるZn カートリッジ工法について、設置方法の異なる2つのタイプを実橋梁に適用した後のモニタリング結果を報告する。

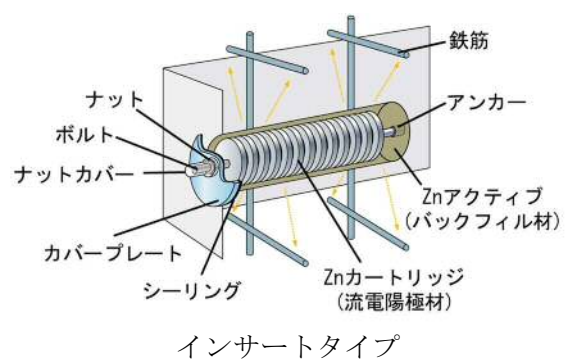
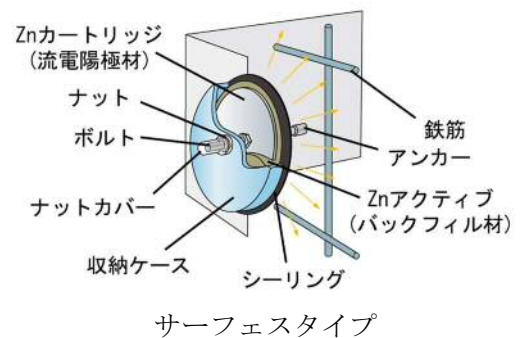


図-1 Zn カートリッジ工法の概要図



大村 信暁



宮尾 秀一

## 2. 工法の概要

### 2.1 Zn カートリッジ工法

Zn カートリッジ工法の概要図を図-1 に示す。本工法は、設置方法の違いによりサーフェスタップとインサートタイプに分類される。

#### 2.1.1 サーフェスタップ

サーフェスタップは、Zn アクティブ（バックフィル材）、Zn カートリッジ（流電陽極材）、ボルト、収納ケースから構成される。Zn カートリッジと鋼材を電線にて接続することで、主としてコンクリート表面に位置する鋼材の腐食を抑制することが可能である。

#### 2.1.2 インサートタイプ

インサートタイプは、Zn アクティブ（バックフィル材）、ボルト付きの Zn カートリッジ（流電陽極材）、カバープレートから構成される。Zn カートリッジと鋼材を電線にて接続することで、コンクリート表面および奥に位置する鋼材に対しても鋼材の腐食を抑制することが可能である。

#### 2.1.3 腐食抑制基準

電気防食工法の防食基準は「100mV 以上の電位変化量」が一般的に採用されている。試験条件により防食効果は相違するものの、電位変化量が 25～50mV 程度であっても腐食が抑制される<sup>1),2)</sup>ものと考えられることから、本工法では鋼材の電位変化量が 25mV 以上を目安に、鋼材の腐食が抑えられていると判定することにした。

## 3. サーフェスタップの適用事例

### 3.1 絵島橋の工事概要

絵島橋は、兵庫県淡路島北東部の海岸付近に 1963 年に架橋された 3 径間単純プレテンション方式 I 桁の歩道橋である。

### 3.2 Zn カートリッジの配置箇所

本橋では、Zn カートリッジの配置間隔の影響を把握するため、A1-P1 径間のうち G2 桁と G6 桁の約 4m の区間の桁下面にサーフェスタップの Zn カートリッジを 300, 450, 600mm の間隔で、各桁で 8 箇所ずつ配置した。桁下面に設置した Zn カートリッジの配置状況を写真-1 に示す。

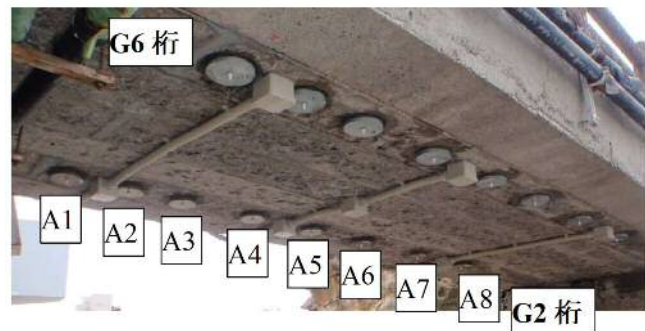


写真-1 Zn カートリッジの配置状況（絵島橋）

### 3.3 計測項目

計測項目は、鋼材の電位変化量と Zn カートリッジからの発生電流量とした。ここで、鋼材の電位変化量はインスタントオフ電位と電流遮断 24 時間後の電位の差とした。計測方法は、橋軸方向に対して 75～100mm 間隔にてマーキングした箇所に、可搬式照合電極（飽和塩化銀電極(SSE)）をコンクリート表面に押し当てて実施した。計測は、通電開始（2019年1月）から約3年間にわたり年1～2回実施した。

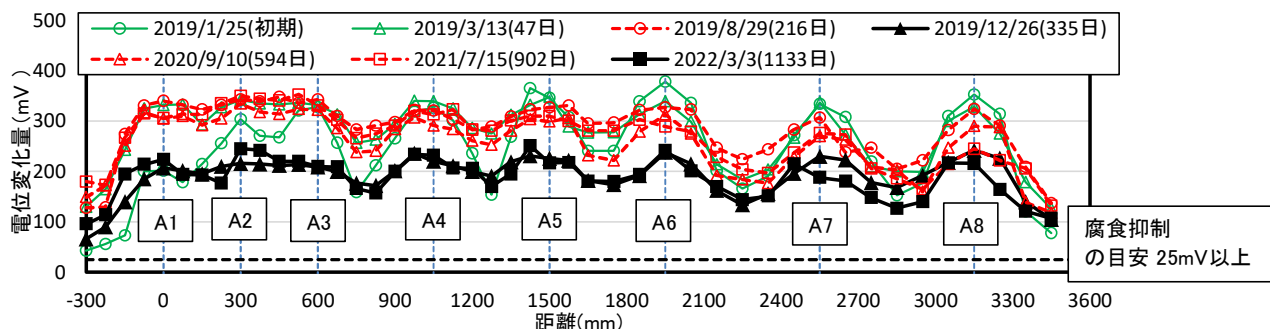


図-2 橋軸方向の鋼材の電位変化量(G2 桁)

### 3.4 計測結果

G2 桁の橋軸方向の鋼材の電位変化量の測定結果を図-2に示す。図中のA1~A8は、Znカートリッジの取り付け位置を示す。図-2に示す結果から、本橋ではZnカートリッジの配置間隔によらず、腐食抑制の目安の25~50mVを上回り、概ね電気防食による防食基準のレベルである100mV以上の電位変化量が得られた。防食基準を満足した理由として、今回の試験対象桁は、PC鋼材位置の塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度を超えていたものの、既往の実験<sup>3)</sup>に比べて、鋼材の腐食が軽微であったためと推定される。

Znカートリッジの配置間隔について、300mmの場合には、初期計測以降はZnカートリッジの位置とZnカートリッジ間での電位変化量のバラツキが小さい。Znカートリッジの設置間隔が450mm、600mmの場合も、初期はバラツキが大きいが、通電期間が長くなるにつれて、その程度は小さくなる傾向にある。また、測定時期に着目した場合、流電陽極材の設置の初期を除き、夏期の測定値が冬期の測定値に対して電位変化量が大きい傾向にある。

データロガーにより測定した、G2桁のA2の発生電流量を図-3、対象構造物から最も近い気象庁の観測地点における日平均気温の測定結果を図-4に示す。

図-3、図-4に示す結果から、発生電流量は気温の変化と同様な挙動を示し、気温が高いほど発生電流量も大きい傾向にある。夏場の鋼材の電位変化量が大きい理由は、Znカートリッジからの発生電流量が大きいためと考えられる。なお定期計測時に測定したその他のZnカートリッジの発生電流量も、ほぼ同等の値を示した。

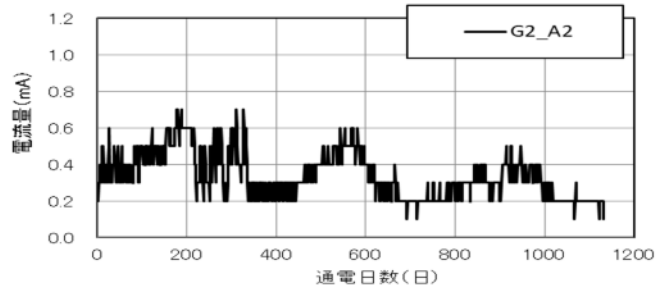


図-3 サーフェスタイプの発生電流量

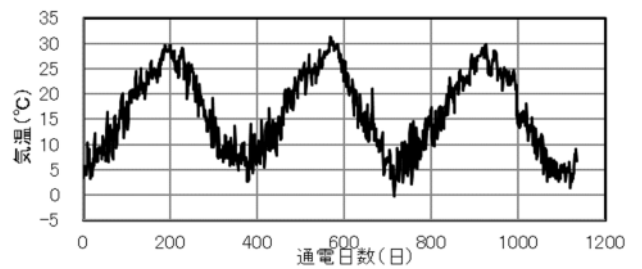


図-4 絵島橋周辺の平均気温

## 4. インサートタイプの適用事例

### 4.1 阿弥陀橋の工事概要

阿弥陀橋は滋賀県長浜市に位置した一級河川の高時川に架かる橋長175m、幅員10.3mのポストテンション方式T桁橋である。本橋は1974年に建設されて以降、冬期に凍結防止剤を散布するため端部横桁を含む桁端部に塩害劣化が生じていた。

### 4.2 Znカートリッジの配置箇所

今回は桁端部の塩害劣化に対して、端部横桁に桁内側からインサートタイプのZnカートリッジを設置した。端部横桁に設置したZnカートリッジとチタンワイヤーセンサーの配置図を図-5に示す。

端部横桁の遊間側に対しての腐食抑制の効果を評価するため、Znカートリッジの取り付けと同様に、桁内側からコンクリートの削孔を行い、端部横桁内部の遊間側と桁内側にチタンワイヤーセンサーを設置した。

図-5より、遊間側をRef1、桁内側をRef2とする。

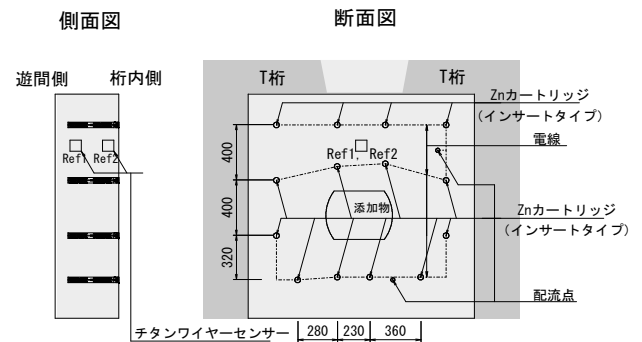


図-5 Znカートリッジの配置図 (阿弥陀橋)

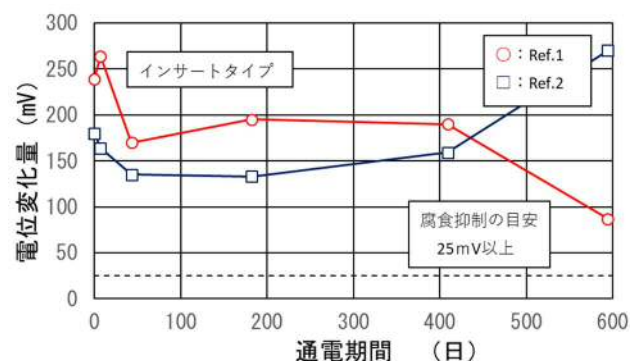


図-6 電位変化量と通電期間の結果 (阿弥陀橋)

### 4.3 計測項目

計測項目は絵島橋と同様に、鋼材の電位変化量と Zn カートリッジからの発生電流量とした。計測方法としては、チタンワイヤーセンサーを用いて行った。計測は、通電開始（2020年8月）から約2年にわたり実施した。

### 4.4 計測結果

インサートタイプの鋼材の電位変化量の測定結果を図-6に示す。横軸は通電期間を示す。図に示す結果から、遊間側（Ref1）、桁内側（Ref2）共に、腐食抑制の目安の25～50mVを上回り、概ね電気防食による防食基準のレベルである100mV以上の電位変化量が得られた。特に遊間側においては桁内側より大きな電位変化量を示しており、遊間側の鉄筋の腐食が桁内側より著しいことに起因しているものと考えられる。

図-7はインサートタイプの発生電流量を示し、図-8は対象構造物から最も近い気象庁の観測地点における日平均気温の測定結果を示す。気温が高いほど発生電流量も大きい傾向にある。発生電流量においてはサーフェスタイプと同様の傾向がみられる。

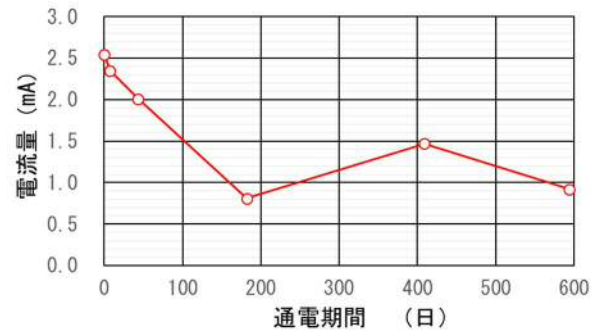


図-7 インサートタイプの発生電流量

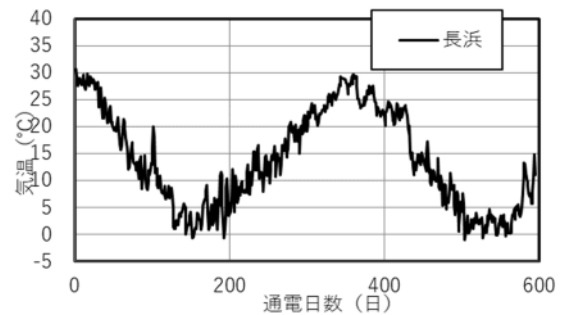


図-8 阿弥陀橋周辺の平均気温

## 5. まとめ

Zn カートリッジ工法の設置方法の異なる2つのタイプの定期的なモニタリング結果から、どちらも良好な補修効果を持続していることが把握できた。これらのモニタリング結果は施工から2～3年程のもので、本工法の設計耐用年数は15年とされているため、今後も継続的なモニタリングを行うことで確実な効果と耐久性を実証していきたいと考えている。

### 参考文献

- 1) 亀田浩昭, 青山敏幸, 石井浩司, 鳥居和之: 積雪寒冷地に建設された塩害 RC 床版に対する流電陽極材を用いた鋼材腐食緩和の試み, 第10回道路橋床版シンポジウム論文報告集土木学会, pp.189-194, 2018.11
- 2) 青山敏幸, 福家照貴, 岩戸寿明, 森川英典: PCI 桁への流電陽極材を用いた電気化学的補修工法の適用性に関する検討, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第20巻, pp.33-38, 2020.10
- 3) 亀田浩昭, 青山敏幸, 石井浩司, 鳥居和之: 塩害劣化したプレテンション方式 PC 桁への流電陽極材を用いた腐食緩和対策の適用性に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, pp.1249-1254, 2019.7