

## 塩害橋の再劣化を防止するための維持管理技術に関する研究①

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 26～平 29

担当チーム：橋梁構造グループ

研究担当者：石田雅博、宇佐美惣、

### 【要旨】

塩害を受けた構造物の補修対策の一つである電気防食工法は、電気化学的な原理により鋼材腐食を抑制する効果があるとされている。しかし近年、電気防食を適用した橋梁において、鋼材腐食に起因するひび割れやはく離などの再劣化が生じている事例が報告されている。本研究課題は、電気防食後の再劣化のメカニズムを明らかにし、再劣化を防止するための電気防食の効果的な維持管理手法の確立を目的とする。平成 26 年度は、電気防食工法を適用した国の直轄橋梁についてアンケート調査を行い、再劣化事例の実態を調査するとともに、次年度以降に詳細調査を行う対象橋梁を選定した。

キーワード：塩害、再劣化、電気防食、維持管理

### 1. はじめに

電気防食工法は、コンクリート表面または表層に設置した陽極材から内部の鋼材に微弱な防食電流を流し、電気化学的に鋼材の腐食反応を制御する工法である。適切な防食が流れている限り、鋼材腐食による劣化の進行を抑制することができる工法として、電気防食工法はコンクリート構造物の長寿命化や予防保全といった観点からその有効性が期待されている。

一方、電気防食を適用している構造物において、鋼材腐食に起因すると考えられるコンクリートのひび割れ、はく離などの再劣化が生じている事例も報告されており、電気防食の維持管理についての問題も生じている。

本研究課題では、再劣化を防止するための電気防食の効果的な維持管理手法の確立を目的として、橋梁を対象に実態調査を行って再劣化の状況を把握するとともに、いくつかの橋梁について詳細なデータを収集して電気防食後の再劣化が生じるメカニズムを明らかにしていく。

平成 26 年度は、国の直轄橋梁についてアンケート調査を実施し、電気防食適用後の再劣化について実態を把握するとともに、次年度以降に行う詳細調査の対象橋梁を選定した。

## 2. 電気防食実施橋梁の調査

### 2.1 調査概略

国の直轄橋梁のうち、既往の文献や NETIS（新技術情報提供システム）等を参考にして電気防食工法を適用し

た 58 橋（電気防食の施工件数は 82 件）を抽出し、各地方整備局等にアンケート調査を実施した。

アンケートの設問は下記の項目とした。

- 1) 橋梁に関する基本情報（橋梁緒元、構造形式、竣工年度、適用示方書、交通量、交通制限の状況等）
- 2) 環境条件（海岸からの距離、凍結防止剤の散布量等）
- 3) 電気防食適用前の補修状況（補修工法、時期、補修記録の有無）
- 4) 電気防食工法について（施工年度、工法種類、適用部位、面積・回路数、工事費、電気防食工法を採用した理由、設計・竣工資料の有無等）
- 5) 電気防食の維持管理（点検項目、点検頻度、点検方法、点検者、点検記録の有無、費用等）
- 6) 電気防食適用後の不具合（不具合発生箇所）
- 7) 定期点検結果（直近の定期点検の対策区分、点検年月等）
- 8) 現況写真
- 9) 電気防食についての意見、要望、疑問など自由記入

### 2.2 アンケート結果

アンケートは、構造物や電気防食設備の劣化や不具合のある橋梁について回答してもらうこととし、58 橋中 29 橋について回答が得られた。

#### 2.2.1 電気防食を適用した橋種および形式

電気防食を適用した橋種および形式の集計結果を表

-2.1に示す。回答のあった橋梁のうち、電気防食を適用した橋種の約90%がコンクリート橋であり、中でもPC桁橋は約50%と多く適用されていた。

**2.2.2 建設年**

橋梁の建設年の集計結果を表-2.2に示す。1960年代から1980年代にかけて建設された橋梁が多い結果となった。

**2.2.3 海岸線からの距離**

橋梁の海岸線からの距離を集計した結果を表-2.3に示す。塩害の影響が激しいと考えられる海岸線から100mまでの範囲に架設された橋梁が約70%を占めていた。

**2.2.4 適用した電気防食種類**

適用した電気防食種類の集計結果を表-2.4に示す。電気防食として橋梁に採用された方式は全部で10種類あり、そのうちチタンリボンメッシュ方式が約30%で最も多く、次いでチタンメッシュ陽極方式が約20%、チタングリッド方式およびチタンロッド方式がそれぞれ約10%の割合で採用されていた。

**2.2.5 電気防食施工後の経過年数**

電気防食施工後の経過年数の集計結果を表-2.5に示す。ただし、複数回にわたって電気防食が施工された橋梁については、最初の施工年からの経過年数として集計した。電気防食の橋梁への適用は15年ほど前(2000年以降)から増えている結果となった。

**2.2.6 電気防食の点検状況**

電気防食の点検項目および点検頻度の集計結果を表-2.6に示す。電気防食を適用している29橋のうち、約1/3にあたる10橋で電気防食についての点検が実施されていない。点検を行っている橋梁では、「電源ランプの点灯確認」と「電源装置の目視確認」については大半の橋梁で実施されていた。雷雨時等の臨時点検については7橋が実施しているものの、実施していない橋梁も12橋あり、これらの橋梁では落雷で停電した場合には復旧

表-2.2 橋梁の建設年

建設年	橋数	回答橋梁に対する割合 (%)
～1950年	1	3.4
～1960年	4	13.8
～1970年	7	24.1
～1980年	10	34.5
～1990年	5	17.2
～2000年	1	3.4
～2010年	1	3.4
～現在	0	0
計	29	

表-2.3 海岸からの距離

海岸線からの距離	橋数	回答橋梁に対する割合 (%)
0 m	11	37.9
～20 m	3	10.3
～50 m	3	10.3
～100 m	4	13.8
～300 m	3	10.3
～500 m	1	3.4
～1,000 m	1	3.4
1,000 m超	3	10.3
計	29	

表-2.4 適用した電気防食種類

電気防食方式	橋数	採用方式の割合 (%)
チタンリボンメッシュ方式	14	32.6
チタンメッシュ陽極方式	8	18.6
チタングリッド方式	5	11.6
チタンロッド方式	5	11.6
チタン溶射方式	4	9.3
ニッケル被覆炭素繊維方式	3	7
その他 (パネル陽極方式・ALAPANEL方式 流電陽極方式、ガルバニール方式)	4	9.3
(複数回答) 計	43	

表-2.1 電気防食を適用した橋種および形式

橋種	形式	橋数	備考
RC	床版橋	1	
	桁橋	7	
	その他	1	ボックスカルバート
PC	床版橋	2.5	
	桁橋	13.5	
	箱桁橋	1	
鋼橋	桁橋	1	
その他	桁橋	2	混合橋(橋脚) プレキャストコンクリート
計		29	

\*1橋で2つの形式がある場合は0.5橋としてカウント

表-2.5 電気防食施工後の経過年数

電気防食施工後の経過年数	橋数	回答橋梁に対する割合 (%)
～3年	6	20.7
～5年	6	20.7
～10年	8	27.6
～15年	5	17.2
～20年	2	6.9
20年超	2	6.9
計	29	

表-2.6 電気防食の点検状況

点検項目	点検頻度							点検自体 行っていない
	なし	～1ヶ月毎	～1年毎	～2年毎	～5年毎	臨時点検	小計	
電源ランプの点灯確認	2	9	3	2	2	1	19	10
電源装置の目視確認	3	8	3	0.5	3.5	1	19	
配線・配管・プルボックスの 目視確認	5	5	3	0.5	4.5	1	19	
陽極材の設置状況の 目視確認	5		2	5.5	5.5	1	19	
電流量の確認	8		3	6	1	1	19	
電圧量の確認	8		3	6	1	1	19	
鉄筋電位の確認	9		3	5	1	1	19	
インスタントオフ電位の確認	9		3	5	1	1	19	
雷雨時等の臨時点検	12					7	19	

までに時間がかかる可能性があるといえる。

### 2.2.7 電気防食の維持管理・点検費用

電気防食設備の維持管理・点検費用についての集計結果を表-2.7に示す。年間の維持管理・点検費用は50万円以下が全体の40%近い12橋と多く、50～100万円と回答した橋梁も3橋あった。

### 2.2.8 電気防食適用後の不具合について

電気防食適用後に発生した不具合の状況について集計結果を表-2.8に示す。回答のあった29橋のうち、何らかの不具合があると回答したのは11橋で、電気防食を適用した箇所のコンクリートの不具合が8橋と最も多く、次いで電源装置の経年劣化による損傷が5橋であった。

### 2.2.9 定期点検の判定結果

直近に行われた定期点検の対策区分判定の集計結果を表-2.9に示す。緊急対応を必要とする橋梁はないものの、判定区分BおよびCの補修を必要とする橋梁が多く見られた。

### 2.2.10 電気防食に関する意見、要望、疑問等

電気防食に関する意見、要望、疑問など、自由記入欄に記載されていた内容を示す。

- ・ 電源ユニット、配線の耐用年数が迫っており、設備の更新が気がかかりである。
- ・ 遠隔操作ができないので、特に落雷による停電に注意して現地で通電確認をしている。
- ・ 電気防食効果が定期的な観測か変状でしか把握できないが、架設環境が厳しいため変状が出てからの対応では遅いと考えられる。
- ・ 定期的な電流測定のほか、電気防食設備の補修などランニングコストがかかる。
- ・ 落雷による停電などを考えると、電気防食の稼働状況を遠隔管理することを標準とするべきである。

表-2.7 電気防食の維持管理・点検費用

維持管理・点検費用 (万円/年)	橋数	回答橋梁に対する割合 (%)
点検なし または不明	10	34.5
0～50	12	41.4
50～100	3	10.3
100以上	0	0
費用不明・記載なし	4	13.8
計	29	

表-2.8 電気防食適用後の不具合

不具合発生箇所・状況	橋数	回答橋梁に対する割合 (%)
電気防食適用箇所のコンクリートの ひび割れ・はく離・はく落	8	44.4
上記以外のコンクリートの変状	0	0
電源装置の劣化による故障	5	27.8
外部要因による電源装置の故障 (落雷・車両衝突など)	1	5.6
モニタリング装置の異常	1	5.6
陽極システムの露出	1	5.6
配線・配管の損傷	2	11.1
(複数回答) 計	18	

表-2.9 定期点検結果の判定結果

定期点検の対策区分	橋数	回答橋梁に対する割合 (%)
A 損傷が認められないか、損傷が軽微 で補修を行う必要がない	4	13.8
B 状況に応じて補修を行う必要がある	10	34.5
C 速やかに補修等を行う必要がある	8	27.6
E1 橋梁構造の安全性の観点から、 緊急対応の必要がある	0	0
E2 その他、緊急対応の必要がある	0	0
M 維持工事に対応する必要がある	0	0
S 詳細調査の必要がある	1	3.4
その他	1	3.4
不明	5	17.2
計	29	

- ・ 電気防食の効果を確認するための定期点検時に鉄筋の腐食状況など詳細な調査を行うべきである。
- ・ 電気防食は定期的な点検が重要である。電源装置等の腐食・劣化がある場合は早急に対応すべきである。
- ・ 維持管理についてのルール化されていない。点検項目などの管理マニュアルを示してほしい。

### 3. 詳細調査の対象橋梁の選定

#### 3.1 対象橋梁の選定経緯

詳細調査では、電気防食の再劣化メカニズム解明を目的とし、次の項目に着目して対象橋梁を選定した。

- ・ コンクリート及び電気防食設備に不具合がある。
- ・ 電気防食の点検が実施されている。
- ・ 同一橋梁に複数の電気防食方式を採用している。
- ・ 電気防食後、比較的早期に再劣化が発生している。
- ・ 電気防食の施工時期が異なる（既設・新設）。
- ・ 定期点検の判定結果が異なる。
- ・ 橋梁の環境条件が異なる。

これらを踏まえ、まず図-3.1 に示すフローに従って、アンケート調査の回答があった橋梁を 10 のグループに分類した。グループAに該当する6橋のうち、定期点検の対策区分評価の異なる5橋を詳細調査の対象橋梁に選定した。また、環境条件が特異な橋梁として、高温多湿環境にある沖縄県の橋梁1橋も詳細調査の対象とした。

選定した橋梁と選定理由は次のとおりである。

#### 1) 海士剥橋（秋田県、PC桁橋）

コンクリート及び電気防食設備に不具合があり、定期点検結果がSである。電気防食適用後、架け替えのため撤去された荒磯橋から近く、臨床試験との対比ができる

ことから選定した（撤去した荒磯橋の桁の一部は土木研究所で保管している）。

#### 2) 新五十川橋（山形県、PC桁橋）

コンクリート及び電気防食設備に不具合があり、定期点検結果がCである。電気防食施工後18年が経過しており、不具合が生じたと回答した橋梁の中で最も古い橋梁である。電気防食の設計図書や点検記録などの資料も保管されていることから選定した。

#### 3) 弁天大橋（新潟県、PC桁橋）

コンクリート及び電気防食設備に不具合があり、定期点検結果がBである。3種類の電気防食方式が採用されていることから選定した。

#### 4) 新名立大橋（新潟県、PC床版橋）

コンクリート及び電気防食設備に不具合があり、定期点検結果がAである。新設時に試験的に4種類の電気防食方式を採用しており、唯一遠隔でモニタリングを行っていることから選定した。

#### 5) 小内海橋（宮崎県、RC桁橋）

コンクリート及び電気防食設備に不具合があり、定期点検結果がCである。電気防食適用後わずか9年で不具合が生じている。陽極のかぶり不足でモルタルが劣化していることが報告されており、維持管理手法の確立に反映すべき知見が得られると考えられることから選定した。

#### 6) 南浜1号橋（沖縄県、プレキャスト合成桁橋）

コンクリートの不具合はないが、電気防食の電源装置に不具合がある。定期点検結果はBである。新設時に試験的に5種類の電気防食方式を採用しており、高温多湿の特異な環境にあることから選定した。

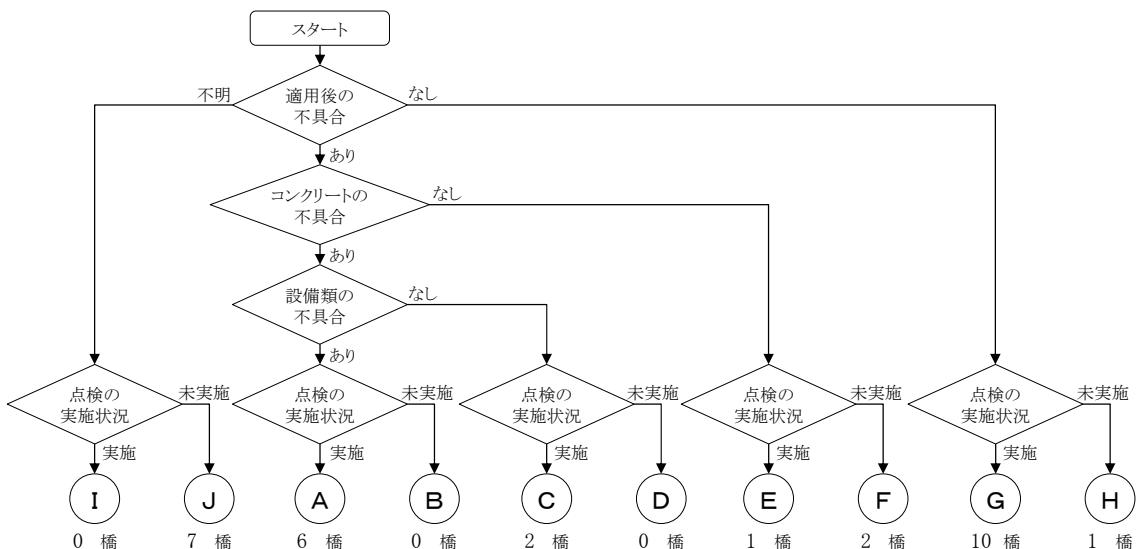


図-3.1 対象橋梁の選定フロー

### 3. 2 詳細調査の進め方

次年度以降に行う詳細調査においては、まず選定した 6 つの対象橋梁に対してヒアリングを行い、橋梁の補修履歴、電気防食に関する情報（施工、維持管理）、現在の構造物の状況、設計図書などの資料の有無などを確認するとともに、現地で橋梁の変状や電気防食の稼働状況を視察して、調査を行う項目を選定していく予定である。

### 4. まとめ

電気防食後の再劣化について、平成 26 年度は国の直轄橋梁についてアンケート調査を行い、次年度以降に詳細調査を行う対象橋梁 6 橋を選定した。アンケート結果より、電気防食の点検が行われていない橋梁もあるなど、維持管理における問題点が明らかになった。

## A STUDY ON MAINTENANCE TECHNIQUE TO PREVENT RE-DEGRADATION OF SALT DAMAGED BRIDGES

**Budget** : Grants for operating expenses, General account

**Research Period** : FY2014-2017

**Research Team** : Bridge and Structural Engineering  
Research Group

**Author** : ISHIDA Masahiro, USAMI Osamu,

**Abstract** : The cathodic protection is one of the effective repair methods of salt damaged structures, which controls steel corrosion electrochemically. However some structures re-degraded by steel corrosion during the application of cathodic protections. The purpose of this study is to establish effective maintenance technique on the cathodic protection by clarifying mechanism of the re-degradation of structures applying cathodic protections. In the FY 2014, the actual situation of the re-degradation was investigated through a questionnaire survey on the bridges which apply cathodic protections, and 6 target bridges of further investigation in following year were chosen.

**Key words** : salt damage, re-degradation, cathodic protection, maintenance