

電気防食工法を用いた道路橋の維持管理 手法に関する共同研究報告書

－電気防食工法の維持管理マニュアル(案)－

平成30年7月

国立研究開発法人 土木研究所
国立大学法人 東北大学
日本エルガード協会
コンクリート構造物の電気化学的防食工法研究会

Copyright © (2018) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

電気防食工法を用いた道路橋の維持管理 手法に関する共同研究報告書

－電気防食工法の維持管理マニュアル(案)－

Research on Maintenance Method of Road Bridges using Cathodic Protection
- Maintenance Manual of Cathodic Protection -

国立研究開発法人 土木研究所

先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ

上席研究員 西崎到、主任研究員 佐々木巖

交流研究員(元)加藤智丈

構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ

上席研究員 石田雅博、研究員 山口岳思

交流研究員 渡辺遼、(元)松尾健二

東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 准教授 皆川 浩

日本エルガード協会

コンクリート構造物の電気化学的防食工法研究会

要旨

電気防食工法は、コンクリート構造物の塩害対策工法として広く適用されてきているが、近年、電気防食適用中の橋梁で、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も報告されている。本研究では、橋梁を対象とした電気防食の簡便かつ効率的な維持管理手法の確立を目的として、管理者及び専門家へのアンケート調査や、実橋調査を行って電気防食工法の維持管理における課題や留意点を抽出し、これを改善する維持管理手法として電気防食工法の維持管理マニュアル(案)を策定した。

キーワード：コンクリート橋、塩害、電気防食、維持管理、点検

電気防食工法の維持管理マニュアル（案）

目 次

1章 総則	
1.1 適用範囲	1
1.2 本マニュアルの構成	1
1.3 用語の定義	3
2章 電気防食工法の概要	
2.1 防食原理と期待される効果.....	5
2.2 種類.....	7
2.3 電気防食システムの構成	9
2.4 各電気防食方式の維持管理上の特徴.....	10
3章 維持管理の基本	
3.1 一般.....	12
3.2 維持管理の手順.....	13
3.3 防食基準.....	14
3.4 点検の種別.....	15
3.5 点検の頻度.....	15
3.6 点検項目.....	17
3.7 点検の対象設備等.....	20
4章 日常点検	
4.1 一般.....	23
4.2 実施者	23
4.3 頻度.....	23
4.4 点検項目と方法.....	24
4.5 評価および判定.....	27
4.6 対策.....	27
4.7 記録.....	28
5章 初期点検および中間点検	
5.1 一般.....	29

5.2 実施者	29
5.3 頻度	30
5.4 点検項目と方法	31
5.5 評価および判定	33
5.6 対策	33
5.7 記録	34
6章 定期点検	
6.1 一般	35
6.2 実施者	35
6.3 頻度	36
6.4 点検項目と方法	37
6.5 評価および判定	40
6.6 対策	41
6.7 記録	42
7章 臨時点検	
7.1 一般	43
7.2 実施者	43
7.3 頻度	44
7.4 点検の項目と方法	44
7.5 評価および判定	47
7.6 対策	48
7.7 記録	48
8章 遠隔モニタリングシステム	
8.1 一般	49
8.2 遠隔モニタリングシステムの構成	50
8.3 実施者	52
8.4 遠隔モニタリングシステムの運用	52
8.5 遠隔モニタリングシステム運用中の異常情報への対策	53
8.6 遠隔モニタリングシステムの点検	54
8.7 遠隔モニタリングシステムの記録	55
9章 記録	
9.1 目的	56
9.2 電気防食工法の維持管理の記録	57
9.3 橋梁点検調書への記録	58

1 章 総 則

1.1 適用範囲

本マニュアル（案）は、道路橋のコンクリート部材に適用した電気防食工法の維持管理に適用する。

【解説】 本マニュアルは、道路橋のコンクリート部材に適用した電気防食工法を適切に維持管理するための標準を示すものである。電気防食工法が適用された後の維持管理は、道路橋の供用期間中において期待される防食効果を継続するために重要な行為であるため、本マニュアルをよく理解し、実務に反映するとよい。なお、維持管理では、定期的に防食状態を確認する行為が重要であるため、これを実施しない場合（例えば、犠牲陽極材を構造物中に埋設するタイプの流電陽極方式などで、定期的に防食状態を確認しない場合）は本マニュアルの適用範囲外とする。

1.2 本マニュアルの構成

本マニュアルは、適用範囲を説明した「1章 総則」、電気防食工法の概要を説明した「2章 電気防食工法の概要」、道路橋のコンクリート部材に適用した電気防食工法の維持管理の基本を示した「3章 維持管理の基本」、具体的な点検内容等を示した「4章 通常点検」、「5章 初期点検および中間点検」、「6章 定期点検」、「7章 臨時点検」、「8章 遠隔モニタリングシステム」、「9章 記録」で構成する。また、付属資料に点検では得られないより詳細な情報を得るために実施する詳細調査の事例を示す。

【解説】 コンクリート構造物に電気防食工法を適用した場合、期待される防食効果を十分に発揮させるためには、適切な維持管理を行うことが極めて重要である。本マニュアルでは、電気防食工法になじみの少ない道路橋の維持管理者および所有者にも、維持管理に際して出来るだけ理解しやすくなるように、また将来的な構造物の長寿命化に寄与できるように解説した。道路橋に適用した電気防食工法の維持管理の内容を本マニュアルの章構成とともに図-1.2.1に示す。



図-1.2.1 道路橋に適用した電気防食工法の維持管理の内容

1.3 用語の定義

以下は、電気防食工法に関する基本的な用語と、本マニュアルで新たに定義する用語である。

電気防食工法：構造物の表面付近に設置した陽極から、コンクリート中の鋼材へ直流電流を供給することによって、電気化学的に鋼材表面の腐食電池の形成を抑制し、コンクリート構造物の劣化を防止する工法。

鋼材腐食：鋼材が酸化し、錆を生じること。

腐食電池：腐食環境の差により、鋼材表面に生じた電位高低差による（+）、（-）の電池。（-）の部分で腐食（酸化）が生じる。

外部電源方式：外部からの直流電源を用いて防食電流を供給する電気防食工法の方式。

流電陽極方式：鋼材より腐食しやすい金属（電位が卑な金属）を陽極材として利用する電気防食工法の方式。陽極材（流電陽極という）が溶解することにより鋼材を防食する。

防食電流：防食状態を保つために、鋼材に対して供給する電流。

電気防食システム：直流電源装置（流電陽極方式の場合はなし）、モニタリング装置、陽極システム、配線・配管などの付帯設備によって構成されるシステム。

陽極システム：構造物の表面付近に設置して、コンクリート中の鋼材に防食電流を供給する構成材料の総称。

点検：一般には構造物や部材に異常がないか調べる行為の総称。本マニュアルにおいては、電気防食工法を適用した道路橋の防食状態と電気防食システムの稼働状態および不具合の有無を確認し、評価および判定、対策、記録する行為を含めたもの。

通常点検：6か月に1回以上の頻度で、不適当な稼働状態を早期発見するために行う行為。

初期点検：電気防食工法が適用されてから1年以内を目途に、運用開始時の通電条件が適切か否かを確認する目的で行う行為。年4回の頻度で実施することを標準とし、夏季を含むことを前提とする。

中間点検：定期点検を補う形で、防食効果の確認を行う行為。初期点検の翌年には必ず実施する。その後は1年から3年に1回の頻度を標準とし、夏季に実施するのが望ましい。

定期点検：5年に1回以上の頻度で、電気防食システムの状態を詳細に把握し、防食機能を維持する目的で行う行為。国が定める道路橋定期点検に合わせて実施するのが望ましい。

臨時点検：落雷や大地震、台風、水害などの災害、または人的な要因に起因する事故などが発生した場合に、不適当な稼働状態を早期発見することを目的として、必要に応じて実施する行為。

追跡調査：初期点検、中間点検および定期点検において、通電調整を行った場合に追跡的に防食状態を確認する行為。

詳細調査：点検では得られないより詳細な情報を得るために実施する調査の総称。

通電調整：防食基準を満足するように通電量を調整する行為。

復極量試験：防食効果を確認するための試験。防食電流を停止した直後の電位（インスタントオフ電位）と、一般的に防食電流を停止した24時間後の電位の差を復極量とし、防食効果を評価・判定する。

分極量試験：電気防食を適用した際に防食電流の大きさを決定するための試験。防食電流を供給する前後の電位の変化量を分極量とし、防食基準を満足する通電量を決定する。

【解説】 ここで示す用語は、電気防食工法になじみの少ない道路橋の維持管理者および所有者に、維持管理に際して出来るだけ理解しやすくなるように示した。電気防食工法に関わるその他の用語は、土木学会「電気化学的防食工法 設計施工指針（案）」で定義される用語を参照されたい。

2章 電気防食工法の概要

2.1 防食原理と期待される効果

電気防食工法の原理は、コンクリート中の鋼材に電流を供給することにより鋼材の電位をマイナス方向へ変化させ、鋼材の腐食を電気化学的に抑制するものであり、これにより鋼材腐食による劣化の進行を抑制することができる。

【解説】 コンクリート中の鋼材腐食の反応を図-2.1.1に示す。鋼材の腐食は、電子を失って鉄イオンがコンクリート中に溶出することで起きる。この部分が腐食部（アノード）である。鉄から放出された自由電子が鋼材中を健全部（カソード）に移動し、水や酸素と反応して水酸化物イオンを生成する。コンクリート中ではイオンの流れが電流となる。この自由電子やイオンの移動に伴い発生する電流を、腐食電流と呼ぶ。このように鋼材の腐食は電気化学的反応である。

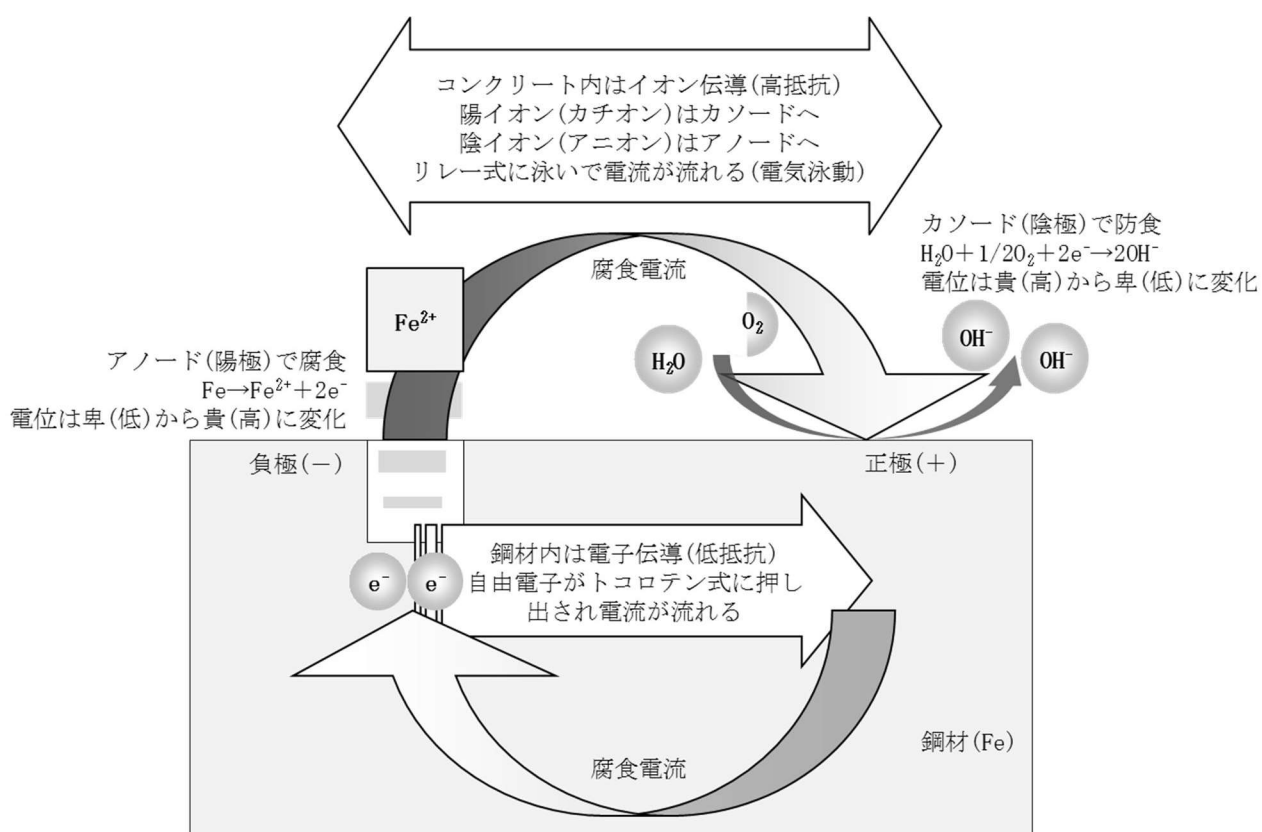
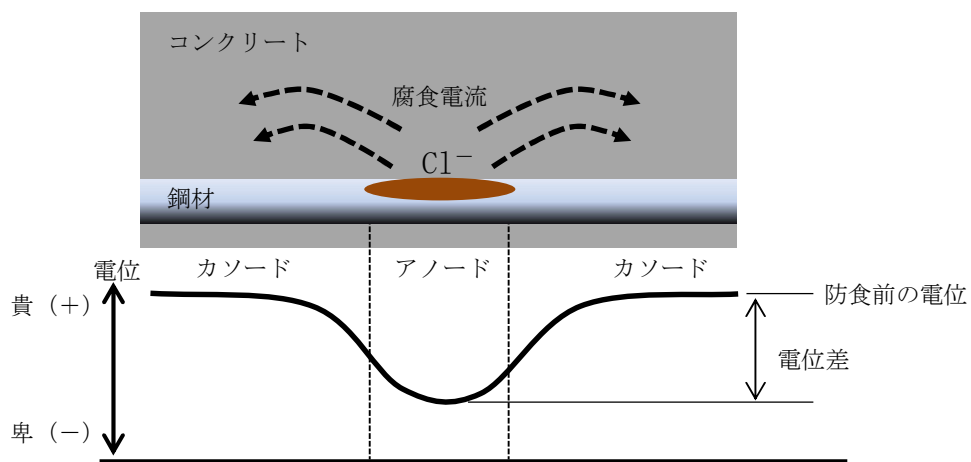
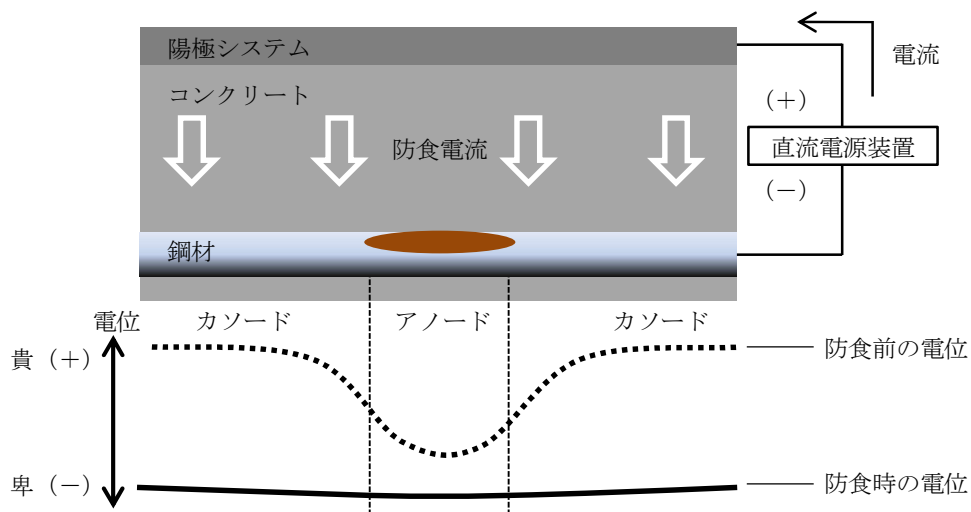


図-2.1.1 コンクリート中の鋼材腐食の反応

電気防食工法の原理を図-2.1.2に示す。防食前は、腐食反応（アノード部およびカソード部の間に生じた電位差）により腐食電流が発生している状態である。これに対して電気防食工法を適用し、コンクリート表面付近に設置した陽極システムから鋼材へ電流が供給されると、電流は貴な電位を示すカソード部へ優先的に供給されるため、カソード部の電位はマイナス方向に変化し、アノード部とカソード部との電位差が小さくなる。防食電流が十分に供給されるとアノード部とカソード部の電位差はほとんどなくなり、腐食電流が消滅する。すなわち、鋼材の腐食反応は停止する。これが電気防食工法の原理である。したがって、コンクリート中の塩化物イオンや酸素、水などの腐食因子の存在やその濃度に影響されることなく、鋼材に電流を供給し続ける限り、鋼材腐食による劣化の進行を抑制することができる。また、電気防食工法は、既に塩害による変状が顕在化している場合の防食対策や、塩害による劣化が予測される場合の予防保全対策として、鋼材腐食による劣化進行の抑制を期待することができる。



(a) 防食前（鋼材が腐食している状態）



(b) 防食後（防食電流が十分な状態）

図-2.1.2 電気防食の原理

2.2 種類

- (1) 電気防食工法は、防食電流の供給方法により、外部電源方式および流電陽極方式に大別される。
- (2) 電気防食工法は、使用する陽極システムに用いる陽極材の形状により、面状陽極方式、線状陽極方式、点状陽極方式の3種類に分類される。また、陽極システムの設置方法により、様々な方式が提案されている。

【解説】 (1) について 電気防食工法を大別すると、直流電源装置から強制的に防食電流を供給する外部電源方式と、内部の鋼材と陽極材の電池作用により防食電流を供給する流電陽極方式がある。図-2.2.1 に概要を示す。

外部電源方式は、直流電源装置のプラス極に陽極材を、マイナス極に防食対象の鋼材を接続し、防食電流を供給する方式であり、構造物中の鋼材の腐食速度に応じて防食電流の調整ができることが特徴である。

一方、流電陽極方式は、亜鉛などの鉄より卑な電位を有する金属を陽極材とし、鉄との電位差（起電力）を利用して防食電流を供給する方式であり、電源設備が不要であることが特徴である。

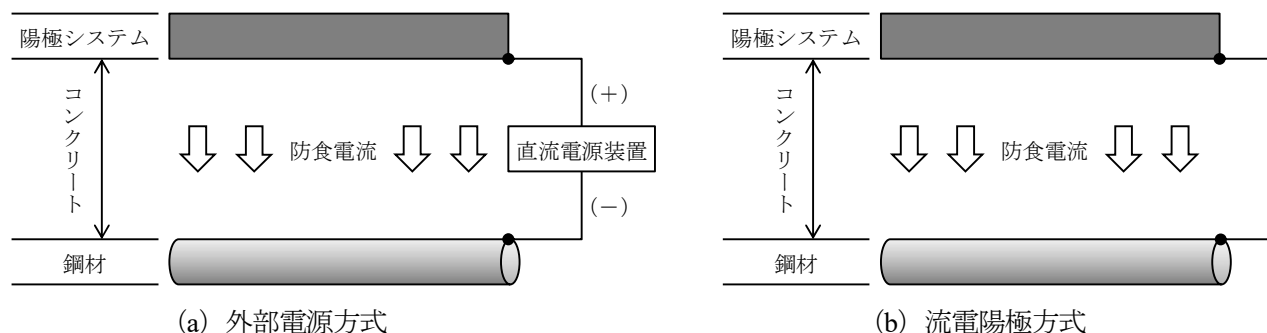


図-2.2.1 防食電流の供給方法による分類

(2) について 電気防食工法の陽極材の形状は、面状、線状、点状の3種類がある。図-2.2.2 に概要を示す。面状陽極方式は、防食対象面に対して陽極材を面状に設置するものであり、電流分布の均一性に優れている。線状陽極方式は、防食対象面に対して陽極材を線状に所定の間隔で設置するものであり、表面が既に塗装補修されていても適用が可能である。点状陽極方式は、防食対象面に削孔した箇所へ陽極材を挿入し設置するものであり、部分的に陽極材を配置できることで局所的な防食に有効である。

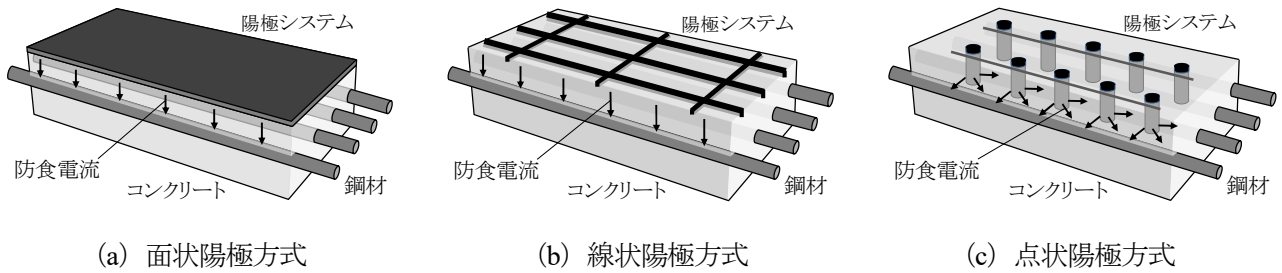


図-2.2.2 陽極システムの形状による分類

電気防食工法は、陽極システムの設置方法によって様々な方式が提案されており、陽極材の寿命やコスト、その施工方法を含めた陽極システムを踏まえ、各材料の特徴に応じて様々な種類が使い分けられている。表-2.2.1に、防食電流の供給方法、陽極材の形状および陽極システムの設置方法で分類した各種電気防食方式を示す。また、図-2.2.3に陽極システムの設置方法（外部設置方式、埋設方式、接着方式）の概念図を示す。

表-2.2.1 電気防食工法の分類

防食電流の供給方法	陽極材の形状	陽極システムの設置方法	電気防食方式
外部電源方式	面状	外部設置方式	チタンメッシュ陽極方式 パネル陽極方式 導電性モルタル方式
		塗装方式	導電性塗料方式
		溶射方式	チタン溶射方式
	線状	埋設方式	チタンリボンメッシュ方式 チタングリッド方式
		外部設置方式	チタンリボンメッシュ方式 など
	点状	埋設方式	チタンロッド方式
流電陽極方式	面状	接着方式	亜鉛シート方式
		溶射方式	亜鉛・アルミニウム擬合金溶射方式

※外部設置方式：陽極材を取り付けた後にオーバーレイやバックフィル材を施すもの

※埋設方式：コンクリート表面に溝や孔などを設け、そこに陽極材を設置して陽極被覆材で埋設するもの

※接着方式：陽極材とバックフィル材があらかじめ一体化された状態で設置するもの

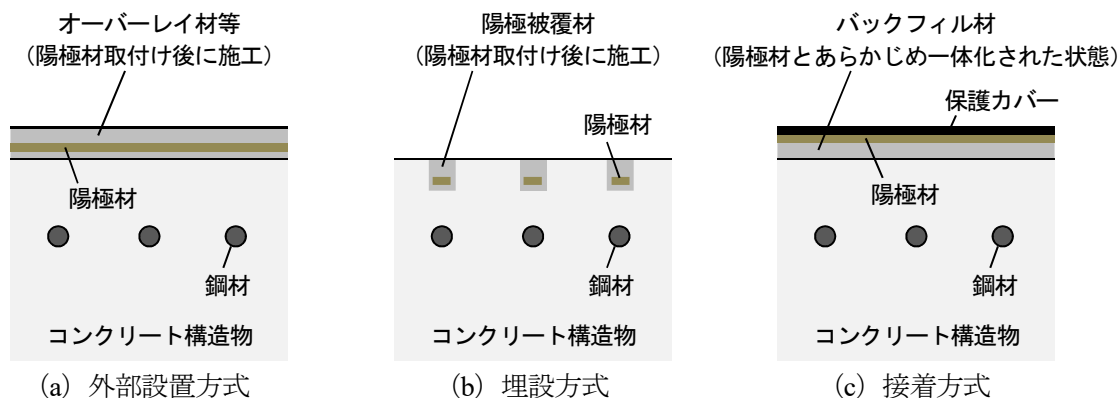


図-2.2.3 陽極システムの設置方法の概念図

2.3 電気防食システムの構成

電気防食工法は、防食効果を維持するために様々な材料（機器を含む）によってシステムが構成されている。

【解説】 電気防食システムの構成を表-2.3.1 および図-2.3.1 に示す。電気防食工法は、コンクリート中の鋼材に適切な防食電流を供給し、防食期間を通して所定の防食電流が供給され続ける機能を保持することで防食効果が得られる。したがって、電気防食システムを構成する材料（機器を含む）は、防食電流を発生させ、防食電流を分配し、防食効果をモニタリングする機能を有している。防食電流を発生させる構成材料は、直流電源装置である。防食電流をコンクリート中の鋼材に分配させるための構成材料は、陽極材、ディストリビュータ（陽極間の電氣的導通を確保するために設置する電流分配材）、陽極被覆材、排流端子および電線材である。防食効果をモニタリングするための構成材料は、測定端子、照合電極、電線材（モニタリング用）および直流電圧計である。また、ケーブル類を収納するための構成材料は、接続箱および配管材である。

表-2.3.1 電気防食システムの構成

機能	各材料（機器を含む）
(a) 防食電流を発生	直流電源装置
(b) 防食電流を分配	陽極材，ディストリビュータ，陽極被覆材，排流端子，電線材
(c) 防食効果をモニタリング	測定端子，照合電極，電線材（モニタリング用），直流電圧計
(d) ケーブル類を収納	接続箱，配管材

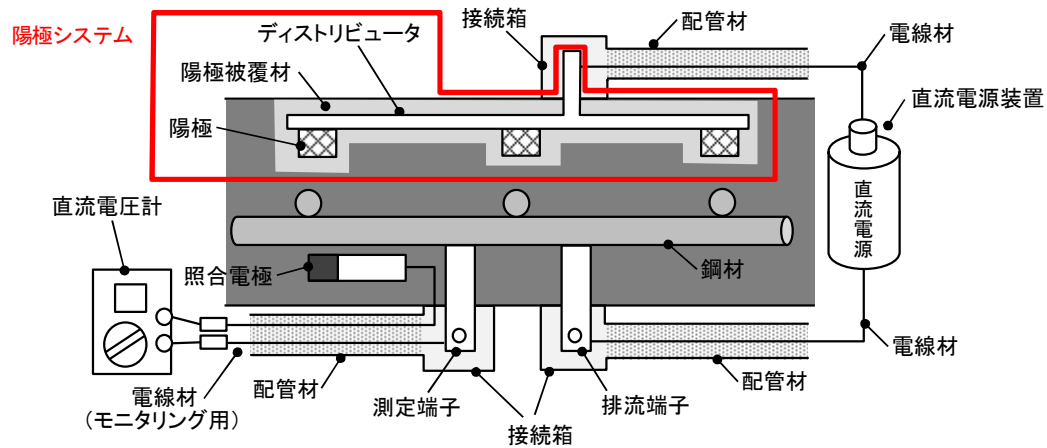


図-2.3.1 電気防食システムの構成（線状陽極の例）

2.4 各電気防食方式の維持管理上の特徴

電気防食工法は種類によってそれぞれ維持管理上の特徴があるため、適用された電気防食方式を十分に理解し、適切な維持管理を行うものとする。

【解説】 外部電源方式は構造物に適用した後も通電量を制御できるが、流電陽極方式は適用後の通電量調整は不可能である。しかし、流電陽極方式は直流電源装置を設置する必要がないため、適用後に直流電源装置を点検する必要がないという特徴がある。また、外部電源方式は陽極システムの設置方法（図-2.2.3 参照）の違いによっても点検のポイントが異なる場合がある。そのため、各方式の特徴および違いを十分に理解した上で、維持管理計画に基づき、適切な維持管理を行うことが重要である。防食電流の供給方法に応じた維持管理上の特徴を表-2.4.1 に、陽極システムの設置方法を踏まえた各工法の点検のポイントを表-2.4.2 に示す。

表-2.4.1 防食電流の供給方法に応じた維持管理上の特徴

防食電流の供給方法	維持管理上の特徴
外部電源方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日常的に電源の稼働状況を確認することが重要 ・ 適用後の通電量調整が可能（定期的なモニタリングにより、適切に維持管理することができる） ・ 直流電源装置や配線、配管等の劣化損傷の目視確認が必要 ・ 陽極材とその周辺の浮き、剥離、ひび割れ、劣化損傷の有無の目視観察が必要
流電陽極方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 直流電源装置がないため、直流電源装置の点検が不要 ・ 定期的な防食電流のモニタリングは必要 ・ 陽極システムの浮き、剥離、劣化損傷の有無の目視観察が必要 ・ 陽極の消耗量調査が必要

表-2.4.2 陽極システムの設置方法を踏まえた点検のポイント

陽極システムの設置方法	点検のポイント
外部設置方式（陽極材を取り付けた後にオーバーレイ材を施すもの）	陽極システムの浮き、剥離、ひび割れ、劣化損傷の有無を確認する必要あり
外部設置方式（陽極材を取り付けた後にバックフィル材を施すもの）	陽極システムの浮き、剥離、劣化損傷の有無、固定具（ねじ・シール材）の劣化損傷、バックフィル材の漏れを確認する必要あり
接着方式（陽極材とバックフィル材があらかじめ一体化された状態で設置するもの）	陽極システムの浮き、剥離、劣化損傷の有無、固定具（ねじ・シール材）の劣化損傷、バックフィル材の漏れを確認する必要あり
埋設方式（陽極材をコンクリート中に設置するもの）	陽極材とその周辺の浮き、剥離、ひび割れの有無を確認する必要あり
塗装方式	塗装材の劣化損傷を確認する必要あり
溶射方式	溶射被膜の損傷、浮きの有無を確認する必要あり

3 章 維持管理の基本

3.1 一般

(1) 電気防食工法を適用した道路橋は、予定供用期間を通じて維持管理を適切に行い、電気防食工法の防食効果を適切に維持しなければならない。

(2) 管理者は、稼働状態と防食状態の確認ならびに保守を目的として、直流電源装置および配線・配管などの維持管理を適切に行わなければならない。

【解説】 (1) および (2) について 電気防食工法を適用した道路橋の電気防食効果を適切に維持するためには、電気防食工法の「稼働状態」と「防食状態」の維持管理が重要である。

外部電源方式による電気防食工法は、直流電源装置から防食電流を供給しているため、直流電源装置への電力の供給が途絶えたり、直流電源装置の電源が落ちると防食効果は得られない。そのため、維持管理においては、通電の有無を日常的に管理するのが基本となり、通電状態は表示灯の点灯などで確認することとなる。表示灯の点灯が確認できない場合には、防食電流の供給が断たれている可能性が高いため、直流電源装置の電源を復帰させるなどする。その際の対応としては、ヒューズ交換やスイッチの再投入などがあり、配線が経年劣化や台風、地震などの災害によって断線した場合には、配線の再接続などの適切な処置が必要である。なお、断線に至らない場合でも、配線が所定の位置から脱落している状態があるか否かを目視にて確認することも重要である。

外部電源方式においては、通電が確認されても「防食状態」が基準を満足しない場合があるため、定期的に「防食状態」を確認して適切な状態に回復する調整が必要となる。「防食状態」の確認は、照合電極を用いた鋼材の電位計測によって行われる。電位計測の結果、防食基準を満足していないと判断された場合には、通電量の調整によって所定の防食状態を確保しなければならない。電流の供給が不足すると防食効果は低下し、電流の供給が過剰となっている場合には、防食対象の鋼材の劣化（水素脆化）や構造物の表面付近に設置した陽極材の周囲のモルタルに変状が生じる場合がある。

一方、流電陽極方式による電気防食工法では、陽極とコンクリート中鋼材に生じる起電力を利用して防食電流を供給しているため、陽極とコンクリート中鋼材の導通が確保されていないと、防食効果は得られない。そのため、維持管理においては、陽極とコンクリート中鋼材の導通が確保され、防食電流が流れていることを日常的に確認することが基本となる。そのためには、モニタリングボックス内のスイッチが ON になっていることを確認すればよい。これが難しい場合は、陽極システム（防食板等）外観変状の確認によって、これを代替することにしてもよい。モニタリングボックス内のスイッチが ON になっていない場合には、防食電流の供給が断たれている可能性が高いため、スイッチを ON にする。その際には、モニタリングボックスに電流計を接続して防食電流が流れていることを確認することが望ましい。なお、外部電源方式と同様に、配線が経年劣化や台風、地震などの災害によって断線した場合には、配線の再接続などの適切な処置が必要である。断線に至らない場合でも、配線が所定の位置から脱落している状態があるか否かを目視にて確認す

ることも重要である。

流電陽極方式においても、通電が確認されても「防食状態」が基準を満足しない場合がある。そのため、定期的に「防食状態」を確認するとともに、陽極の消耗量などを調査して、陽極システムの防食性能を評価し、必要に応じて適切な状態に回復する対策が必要となる。「防食状態」の確認は、外部電源方式と同様に、照合電極を用いた鋼材の電位計測によって行われる。電位計測の結果、防食基準を満足していないと判断された場合には、防食対象部材および陽極システムの調査を行い、陽極を交換するなどの対策を実施して、所定の防食状態を確保しなければならない。

3.2 維持管理の手順

- (1) 管理者は、防食期間を通じて、要求される防食性能を維持できるように、本マニュアルに示されている点検等の実施内容を参考に維持管理計画を策定し、維持管理計画に従った維持管理を行う。
- (2) 電気防食工法の適切な維持管理を行うために、電気防食工法の適用後に行う点検では点検時の状態、評価・判定、対策などを実施し、適切に記録、保管しなければならない。

【解説】 (1) について 電気防食工法の防食状態の変動は、電気防食工法の適用によって生じるコンクリート中の塩化物イオンの移動や、断面修復を実施した際の断面修復材の硬化に伴う含水状態の変化などによって生じる場合があるため、①防食基準を満たすための通電量の調整、②陽極システムなど構成材料の耐用年数の予測と選定、③電気防食設備の保守点検と更新など、電気防食工法適用後の維持管理を適切に行うことが重要である。そこで、安定した防食効果を確保するために、本マニュアルを参考に点検頻度や実施内容を明示した維持管理計画を策定し、点検を確実に実施しなければならない。

電気防食の防食状態に変化が生じる原因とその対策を表-3.2.1に示す。環境条件の変化によって生じる防食電流の過不足は、通電量を調整することで対処し、陽極材の消耗による電流供給機能の変化については、通電電流と通電期間から陽極材の耐用年数を考慮して更新する。また、電気設備及び配線・配管の老朽化による電流供給機能の低下については、適切な維持管理計画に基づいた保守点検の実施と設備の更新を行う。直流電源装置や配線・配管などの電気設備は、用いる材質等の仕様により耐用年数が異なることに注意が必要である。

表-3.2.1 防食状態に変化が生じる原因と対策

原因	現象	対策
環境条件の変化	防食電流の過不足	通電量の調整
陽極材の消耗	電流供給機能の変化	陽極材の更新
電気設備及び配線・配管の老朽化	電流供給機能の低下	設備の更新

(2) について 図-3.2.1 に維持管理の手順を示す。点検時に確認した状態と判定結果などを適切に記録して保管することは、不具合が生じた際の対策立案につながるため重要である。なお、記録は点検及び補修等の記録の一元管理のために作成する橋梁管理カルテと連動させることが望ましい。

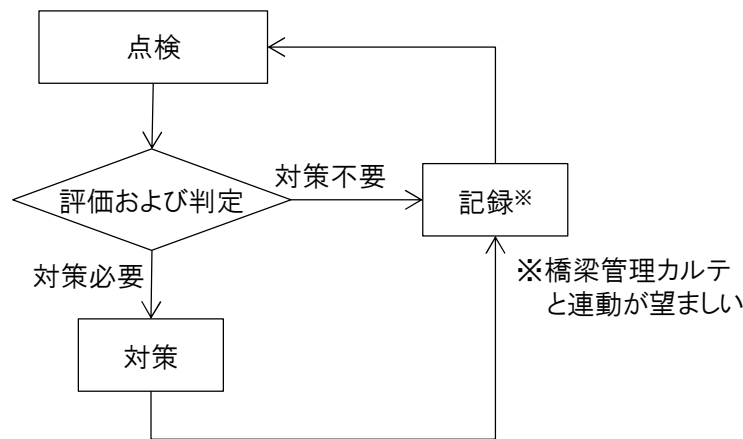


図-3.2.1 維持管理の手順

3.3 防食基準

- (1) 防食電流を供給する前後の鋼材の電位変化量は、マイナス方向に 100mV 以上変化させることを標準とする。
- (2) PC 鋼材は、飽和硫酸銅電極基準で-1000mV より貴な電位に設定しなければならない。

【解説】 (1) および (2) について 電気防食工法の防食基準は、土木学会「電気化学的防食工法 設計施工指針(案)」に従うことを標準とし、防食基準を満足するように適切に維持管理することが重要である。なお、コンクリートの含水率が高い状態では、復極量が 100mV 以上を満足しない場合があるが、復極量試験における測定時間を延長することで防食基準を満足することもあるので、判断には注意を要する。また、電流の分配が悪い場合にも防食基準を満足しない可能性があるが、むやみに通電量を大きくすると陽極システムに負荷が掛かる可能性があるため、全体的な防食状態を把握した上で通電量を調整しなければならない。電気防食を適用した PC 鋼材においては、過去の実験検討から-1100mV (飽和硫酸銅電極基準による) より卑な電位で長時間維持すると、鋼材近傍のコンクリートが水素脆化するという結果が得られているため、電位を-1000mV より貴な電位に保持し、鋼材周辺に水素が発生しないように電位を管理する必要がある。なお、RC 構造物では、基本的には水素脆化を考慮する必要はないが、発生する水素量を最小限にとどめるため、-1000mV より貴の電位に維持するのがよい。

3.4 点検の種別

電気防食工法の防食効果を維持するために、通常点検、初期点検、中間点検、定期点検がある。また、災害や事故などが発生した場合に必要なに応じて実施する臨時点検がある。

【解説】 電気防食工法を適用した道路橋の電気防食効果を維持するためには、電気防食工法の「稼働状態」と「防食状態」の管理が重要である。主に稼働状態を確認する「通常点検」と、主に防食状態を確認する「初期点検」、「中間点検」、「定期点検」に区分して点検を実施する。また、落雷や大地震、台風、水害などの災害、または人的な要因に起因する事故などが発生した場合には、必要なに応じて稼働状態を確認する「臨時点検」を実施する。

3.5 点検の実施者と頻度

電気防食工法の防食効果を維持するために、点検の種別ごとに点検の実施者および頻度を設定しなければならない。

【解説】 電気防食工法の防食効果を維持するためには、点検の種別ごとに点検の実施者を定め、適切な頻度で点検を実施する必要がある。電気防食システムの点検の流れを図-3.5.1に、点検の種別ごとの点検実施者、頻度および実施内容を表-3.5.1に示す。

通常点検は、不適当な稼働状態を早期発見することが目的であるため、6か月に1回以上の頻度で管理者が実施するのを標準とする。

初期点検、中間点検、定期点検は、電気防食工法に関する専門的知識を有する技術者が実施するのを標準とし、防食状態を確認する。電気防食工法を適用した後の1年間は、防食効果の変動が大きい期間であるため、初期点検は年4回の頻度で実施することを標準とし、夏季を含むことを前提とする。

中間点検は、定期点検を補う形で行う点検であり、初期点検の翌年は必ず実施し、その後は1年から3年に1回の頻度を標準とし、夏季に実施するのが望ましい。初期点検の翌年に定期点検が実施される場合には、最初の間点検は省略することができる。なお、中間点検や定期点検の結果から防食効果の安定性などを判断して、中間点検の頻度は見直しすることが可能である。

定期点検は、5年に1回以上の頻度で実施することとする。なお、定期点検は国が定める道路橋定期点検に合わせて実施するのが望ましい。

臨時点検は、災害や事故などが発生した場合に、不適当な稼働状態を早期発見することが目的であるため、管理者が点検を実施することを標準とする。

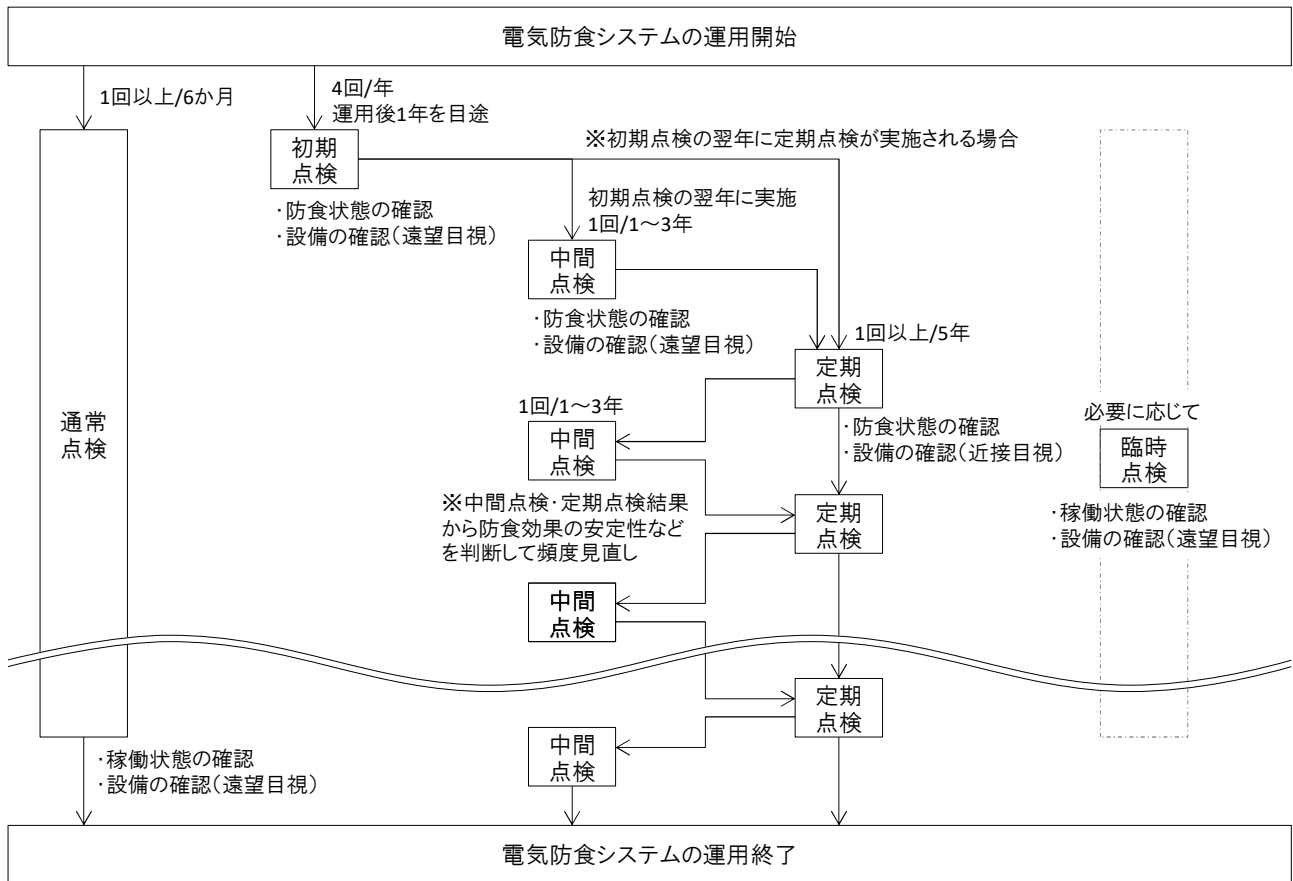


図-3.5.1 電気防食システムの点検の流れ

表-3.5.1 点検の種類ごとの点検実施者，頻度および実施内容

点検種別	点検実施者	点検頻度	実施内容
通常点検	管理者	6か月に1回以上	<ul style="list-style-type: none"> 稼働状態の確認 電気防食システム全体の変状の有無を遠望目視により確認
初期点検	電気防食工法に関する専門的知識を有する技術者	運用開始後の1年以内を目途に年4回を標準(夏季を含むこと)	<ul style="list-style-type: none"> 防食状態の確認 電気防食システム全体の変状の有無を遠望目視により確認
中間点検	電気防食工法に関する専門的知識を有する技術者	1年～3年に1回を標準(夏季実施が望ましい)	<ul style="list-style-type: none"> 防食状態の確認 電気防食システム全体の変状の有無を遠望目視により確認
定期点検	電気防食工法に関する専門的知識を有する技術者	5年に1回以上(国が定める道路橋定期点検に合わせた実施が望ましい)	<ul style="list-style-type: none"> 防食状態の確認 直流電源装置および配管等の通電設備、陽極システムを近接目視により確認
臨時点検	管理者	災害や事故などが発生した場合に必要に応じて実施	<ul style="list-style-type: none"> 稼働状態の確認 電気防食システム全体の変状の有無を目視確認

3.6 点検項目

電気防食工法の防食効果を維持するために、点検項目ごとに点検内容と判定基準を定めなければならない。

【解説】 電気防食工法は、外部電源方式と流電陽極方式に大別され、防食効果を維持するための点検すべき内容に差異がある。そのため、電気防食の各方式に適合した点検項目と判定基準を定める必要がある。外部電源方式の点検項目の標準を表-3.6.1に、流電陽極方式の点検項目の標準を表-3.6.2に示す。

表-3.6.1 点検項目の標準（外部電源方式）

対象	項目	方法	点検内容	通常点検	初期点検	中間点検	定期点検	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）
直 流 電 源 装 置 （ モ ニ タ リ ン グ 装 置 ）	通電の有無	目視	表示灯（運転ランプ）の点灯を確認する	○			○ ◎	表示灯が点灯していること	対策手順例として、 1)ブレーカー確認（入にする） 2)電球、ヒューズの確認 3)電力会社に連絡（停電などの確認） 4)専門業者に連絡（詳細調査へ）
			電流／電圧メーターの稼働を確認する（表示灯がない場合）	○			○ ◎	電流／電圧メーターが稼働し通電されていること	
			警告灯の点灯の有無を確認する	※					
	変状の有無	目視	箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	※	※	※	○ ◎	塗装の剥がれがなく、損傷、腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換
			箱体の扉の開閉、施錠を確認する				○ ◎	スムーズな開閉が行え、施錠されていること	部品または扉本体の新規交換
			配線・端子等の損傷や腐食を調べる				○ ◎	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換
			警告灯、避雷器、引込計器盤、積算電流計等の付帯装置を確認する	※			○ ◎	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換
	稼働状態	試運転	警告灯の稼働を確認する				○ ◎	警告灯が稼働すること	詳細調査を実施し原因を特定した上で調整または補修を行う
		計測	[定電流方式] 通電電流量を確認する （メーター指示値または計測）		○	○	○ ◎	指示値や計測値にばらつきが無く安定していること	詳細調査を実施し、調整または補修を行う
		[定電圧方式] 電源電圧を確認する （メーター指示値または計測）		○	○	○ ◎	前回測定値と同程度であること		
	防食状態	計測	鋼材電位値を確認する		○	○	○ ◎	計測値が安定していること	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する
			電位変化量を確認する		○	○	○ ◎	水素発生電位より貴であること （-1000mV vs CSE） 所定の電位変化量（100mV以上）が得られていること	通電量の調整を行う （調整後に復極量を再確認する） （翌年に追跡調査により確認する）
			照合電極の状態を確認する				○ ◎	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	詳細調査として、 ①照合電極配線経路の確認 ②表面に設置した基準電極と埋設照合電極との電位差の確認 などを実施する
			遠隔監視システムとの整合性を確認する				◎	遠隔監視システム計測値と現地における計測値に差がないこと	詳細調査として、 ①現場配線の確認 ②照合電極換算値の確認 などを実施する
	防食対象部	変状の有無 （目視・打音検査）	電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する	※	◎ 遠望	◎ 遠望	◎ 近接	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②分配電流の確認 ③電流経路（結線部）の確認 などを実施する
システム	陽極システムの変状の有無を目視により確認する（近接目視は打音検査を併用）		※	◎ 遠望	◎ 遠望	◎ 近接	陽極材、被覆材（モルタル等）に浮き、ひび割れ等の変状がないこと	詳細調査を実施して、 ①陽極材、被覆材（モルタル等）の変状部の補修または新規交換 などを行う	
配管材	変状の有無	目視	配管の損傷の有無を目視により確認する	※	◎	◎	◎	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う
			支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する				○ ◎		
			プルボックスの損傷の有無を目視により確認する				○ ◎		

【備考】

・臨時点検は7章を参照のこと

【凡例】

○；実施する項目

◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目

※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

表-3.6.2 点検項目の標準（流電陽極方式）

対象	項目	方法	点検内容	通常点検	初期点検	中間点検	定期点検	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）	
箱体	有無	目視	ボックス内のスイッチがONになっていることを確認する	○				スイッチがONの状態であること	OFFになっていた場合、速やかにONに復旧する	
モニタリング装置	変状の有無	目視	箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	※	※	※	○ ◎	塗装の剥がれがなく、損傷、腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換	
			箱体の扉の開閉、施錠を確認する				○ ◎	スムーズな開閉が行え、施錠されていること	部品または扉本体の新規交換	
			配線・端子等の損傷や腐食を調べる				○ ◎	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換	
	防食状態	計測	通電電流量を確認する			○	○	◎	計測値にばらつきが無く安定していること	詳細調査を実施し、調整または補修を行う
			鋼材電位値を確認する			○	○	◎	計測値が安定していること 水素発生電位より貴であること (-1000mV vs CSE)	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する
			電位変化量を確認する			○	○	◎	所定の電位変化量（100mV以上）が得られていること	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 ③陽極の消耗量調査 などを実施する
			照合電極の状態を確認する					○ ◎	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	詳細調査として、 ①照合電極配線経路の確認 ②表面に設置した基準電極と埋設照合電極との電位差の確認 などを実施する
	防食対象部	変状の有無	目視	電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する	※ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	◎ ◎ 近接	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②電流経路（結線部）の確認 などを実施する
システム	陽極	目視	陽極材、間詰材（モルタルまたはバックフィル材）の変状、電解質の漏洩の有無を目視により確認する	※ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	◎ ◎ 近接	陽極材、間詰材（モルタルまたはバックフィル材）に変形や浮き等の変状がないこと 電解質の漏洩がないこと	詳細調査として、陽極の消耗量調査などを実施し、 ①陽極材の新規交換 ②変状した間詰材の撤去、再設置などを行う	
配管材	変状の有無	目視	配管の損傷の有無を目視により確認する	※	○	○	○	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う	
			支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する				○			
			ブルボックスの損傷の有無を目視により確認する				○			

【備考】

・臨時点検は7章を参照のこと

【凡例】

○；実施する項目

◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目

※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

3.7 点検の対象設備

防食状態を維持するために行う電気防食工法の点検の対象設備として、直流電源装置、モニタリング装置、陽極システム、および配線・配管などの付帯設備がある。

【解説】 電気防食工法は、各種の設備により構成されており、防食期間を通して防食効果を維持し、安定して直流電流を供給していることを確認するために、以下の対象設備を点検する必要がある。

(a)直流電源装置

直流電源装置は、外部電源方式において陽極システムに電流を供給するためのものであり、運転ランプ、端子やスイッチなどから構成される。写真-3.7.1 に直流電源装置の例を示す。なお、流電陽極方式では直流電源装置は不要である。

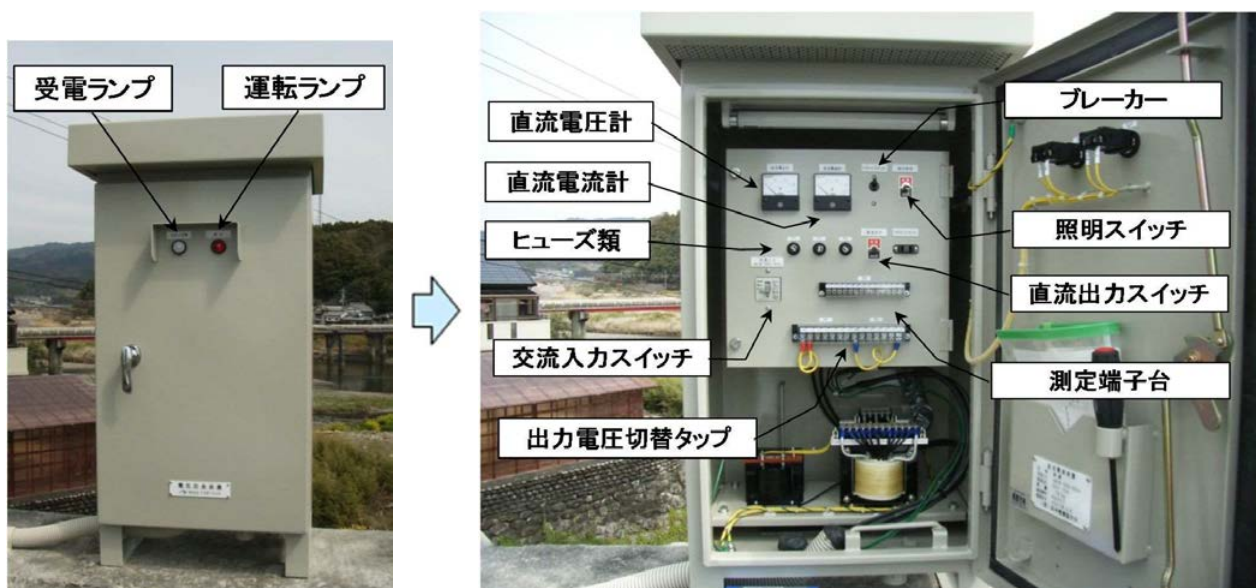


写真-3.7.1 直流電源装置の例

(b)モニタリング装置

モニタリング装置は、陽極システムに供給している電流や電圧、鋼材の電位を表示したり、モニタリングするための端子が取り付けられた箱体である。モニタリング装置のうち電流計・電圧計の表示部は、写真-3.7.1のように直流電源装置内に配置されることが多いが、写真-3.7.2のように流電陽極方式ではモニタリング用の端子を設置しているものもある。また、電話回線やモバイルデータ通信を利用して、構造物から離れた箇所で通電量や鋼材電位、復極量などを監視できる遠隔モニタリングシステムもモニタリング装置に含まれる（8章参照）。

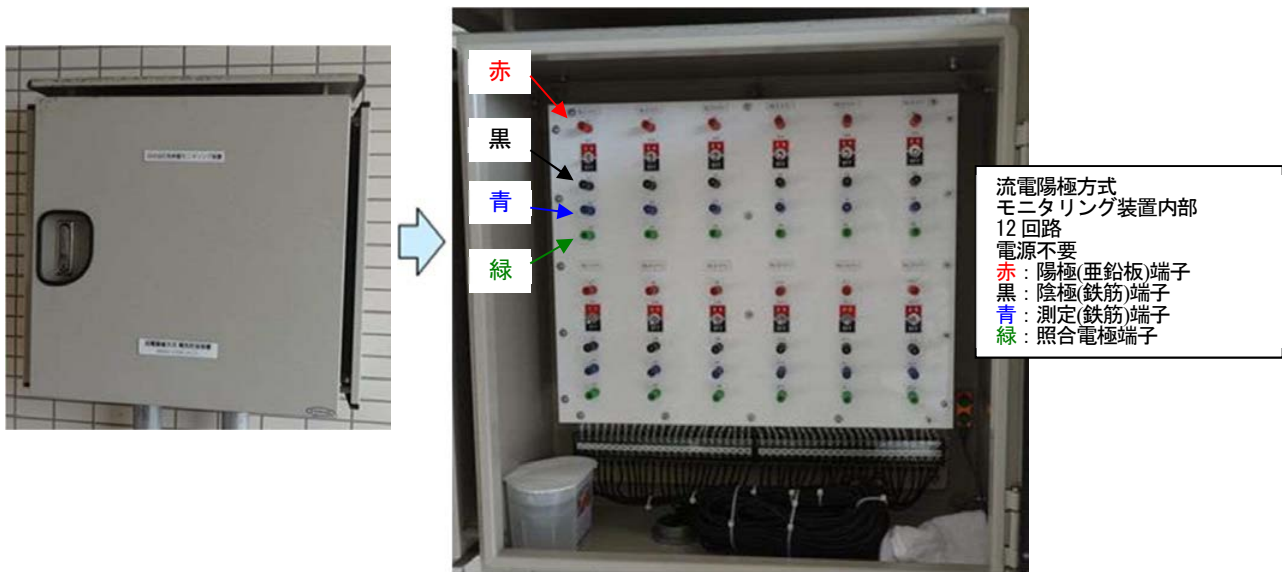


写真-3.7.2 モニタリング装置の例（流電陽極方式）

(c)陽極システム

陽極システムは、コンクリートに設置される陽極材、オーバーレイ材、バックフィル材、陽極被覆材、陽極保護材などから構成される陽極ユニットのことである。陽極材の種類によって、コンクリート内部に設置されるもの、コンクリート表面に設置されるものがある。また、複数の陽極材を繋ぐ電流分配材であるディストリビュータなども陽極システムに含まれる。写真-3.7.3 に陽極システムの例を示す。写真-3.7.3 a)は、コンクリート表面を切削した溝に陽極材を設置し、セメントモルタルによって陽極材を被覆した外部電源方式の例である。写真-3.7.3 b)は、コンクリート表面に陽極材を設置し、バックフィル材で陽極材周囲を被覆した流電陽極方式の例である。



a)外部電源方式の例

b)流電陽極方式の例

写真-3.7.3 陽極システムの例

(d)配線・配管などの付帯設備

配線・配管などの付帯設備は、配線保護材、プルボックスおよび電線などで構成され、陽極システムに電流を供給するために必要なものである。付帯設備は、陽極システムより耐用年数が劣る場合があり、注意が必要である。写真-3.7.4 に付帯設備の例と損傷の例を示す。写真-3.7.4 a)は、配線保護材が紫外線で劣化して割れた事例である。写真-3.7.4 b)は、配線保護材の固定具が外れてぶら下がった状態の事例である。写真-3.7.4 c)は、プルボックスの蓋が脱落してプルボックス内の電線が垂れ下がり、剥き出しになった事例である。



a)配線保護材の割れの例

b)配線保護材固定具の外れの例

c)プルボックス蓋の脱落の例

写真-3.7.4 付帯設備と損傷の例

4章 通常点検

4.1 一般

通常点検は、不適切な稼働状態を早期発見することを目的として、通電の有無や電気防食システムの変状の有無を確認する点検である。

【解説】 電気防食システムの運用期間中において電気防食効果を発揮させるためには、防食対象構造物に対し適切な防食電流が継続的に供給されている必要がある。そのため、通常点検において防食状態を維持するために、直流電源装置の通電の有無を確認することが極めて重要となる。また、電気防食システムの変状とは、陽極システム、配管材、直流電源装置の腐食や破損であり、防食電流の供給が失われる可能性を未然に防ぐために、変状の有無についての目視点検・確認を行うこととする。

4.2 実施者

通常点検は、対象とする構造物の管理者が実施することを標準とする。

【解説】 通常点検は、直流電源装置の運転ランプの点灯や扉を開けての通電の有無の確認並びに遠望目視による電気防食システムの変状の有無について適切な評価を早期に行うため、道路構造物の管理者が実施することを標準とする。なお、電気防食や点検業務の知識を有する者が実施してもよい。

4.3 頻度

通常点検は、6ヶ月に1回以上の頻度で実施しなければならない。

【解説】 直流電源装置、陽極システムおよび配管材等に変状が生じ、防食電流の供給が長期に及んで停止した場合、鋼材の腐食が進行することが懸念される。そのため、通電の有無について少なくとも6ヶ月に1回以上の頻度で通常点検を実施し、継続的に防食電流が供給されていることを確認しなければならない。なお、頻度については構造物の立地条件や点検結果等によりその頻度を増やすことが望ましい。また、竣工後

1 年間は、初期点検に置き換えての実施が可能である。

4.4 点検項目と方法

- (1) 通電の有無の確認は、直流電源装置の運転ランプの点灯を確認する。なお、遠隔モニタリングシステムを導入している場合には、遠隔モニタリングシステムにより確認を行ってもよい。
- (2) 電気防食システムの変状の有無の確認を遠望目視により実施する。

【解説】 (1) について 外部電源方式に用いられる直流電源装置は、写真-4.4.1 a) d) に示すように商用電源からの受電状態を示す受電ランプ（一次側）、直流電源装置から防食対象構造物への出力状態を示す運転ランプ（二次側）が、箱体前面扉に設置されていることが一般的である。しかし、直流電源装置の種類によっては、写真-4.4.1 b) c) に示すように前面扉にランプが設置されておらず、箱体内部にランプが設置されている場合は、前面扉を開けてランプの点灯を確認する必要がある。また、ランプ自体がない場合は、電流メーター／電圧メーターの稼働状態により、通電の有無を確認する場合もある。このため、通電の有無の点検方法について事前に調査し、目視確認方法を決定するとともに、維持管理計画書に明記しておくことが望ましい。商用電源の引込一般図を図-4.4.1 に示す。

なお、遠隔モニタリングシステムを導入している場合は、通電の有無の確認は遠隔モニタリングシステムにより行ってもよい（8 章を参照）。



a) 前面扉にランプあり



b) 前面扉にランプなし



c) 扉内部にランプ・メータあり



d) 受電ランプ(左), 運転ランプ(右)

写真-4.4.1 直流電源装置の例

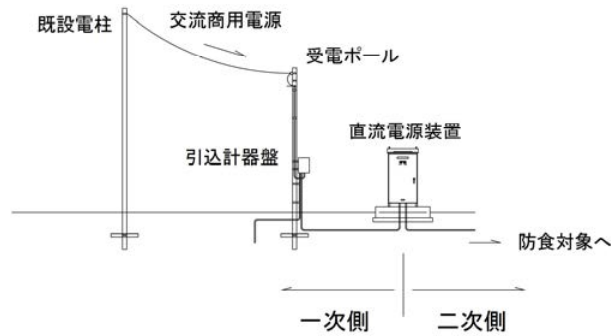


図-4.4.1 電源引込み一般図（外部電源方式）

流電陽極方式においては、写真-4.4.2 に示すよう、通電の有無を示すランプや電流メーター／電圧メーターのない「モニタリングボックス」と呼ばれる、比較的小さな箱体が設置されていることが一般的である。

直流電源装置がシステムに存在しないため、ランプやメーターによる通電の有無を目視により確認することができない。よって、通電の確認はモニタリングボックス内のスイッチが ON になっていることを確認する。これが難しい場合は、陽極システム（防食板等）外観変状の確認によって、これを代替することにしてもよい。



写真-4.4.2 流電陽極方式モニタリング装置

(2) について 陽極システム、配管材および直流電源装置箱体の損傷により、防食電流の供給が失われることもあるため、陽極システム、配管材および直流電源装置箱体の外観について、可能な範囲において目視確認を行うこととする。

可能な範囲とは、外部電源方式においては直流電源装置に近づくため、その範囲内の近接目視とする。なお、遠隔モニタリングシステムが導入されている場合は、車上もしくは徒歩での可能な範囲内の目視を想定している。陽極システムおよび配管材については可能な範囲で遠望目視を行うこととする。外部電源方式の点検項目の標準を表-4.4.1 に、流電陽極方式の点検項目の標準を表-4.4.2 に示す。

表-4.4.1 通常点検項目（外部電源方式）

対象	点検方法	点検内容	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）
（モニタリング電源装置）	目視	○ 表示灯（運転ランプ）の点灯を確認する	表示灯が点灯していること	対策手順例として、 1)ブレーカー確認（入にする） 2)電球、ヒューズの確認 3)電力会社に連絡（停電などの確認） 4)専門業者に連絡（詳細調査へ）
		○ 電流／電圧メーターの稼働を確認する（表示灯がない場合）	電流／電圧メーターが稼働し通電されていること	
		※ 警告灯の点灯の有無を確認する	警告灯が点灯していないこと	
	目視	※ 箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	塗装のはがれがなく、損傷、腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換
※ 警告灯、避雷器、引込計器盤、積算電流計等の付帯装置を確認する		損傷や腐食がないこと	補修または新規交換	
防食対象部	目視	※ 電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する（遠望目視）	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②分配電流の確認 ③電流経路（結線部）の確認などを実施する
システム		※ 陽極システムの変状の有無を目視により確認する（遠望目視）	陽極材、被覆材（モルタル等）に浮き、ひび割れ等の変状がないこと	詳細調査を実施して、 ①陽極材、被覆材（モルタル等）の変状部の補修または新規交換などを行う
配管		※ 配管の損傷の有無を目視により確認する（近接または遠望）	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う

【凡例】 ○；実施する項目
※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

表-4.4.2 通常点検項目（流電陽極方式）

対象	点検方法	点検内容	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）
箱体	目視	※ 箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	塗装のはがれがなく、損傷、腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換
		○ ボックス内のスイッチがONになっていることを確認する	スイッチがONの状態であること	OFFになっていた場合、速やかにONに復旧する
防食対象部	目視	※ 電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する（遠望目視）	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②電流経路（結線部）の確認などを実施する
システム		※ 陽極システムの変状の有無を目視により確認する（遠望目視）	電気防食板、問詰材に変形や浮き等の変状がないこと 電解質の漏洩がないこと	詳細調査として、陽極の消耗量調査などを実施し、 ①電気防食板の新規交換 ②変状した問詰材の撤去、再設置などを行う
配管		※ 配管の損傷の有無を目視により確認する（近接または遠望）	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う

【凡例】 ○；実施する項目
※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

4.5 評価および判定

- (1) 通電の有無を判定する。
- (2) 電気防食システムの変状を確認して詳細調査や軽微な対策の可否を判定する。

【解説】 (1) について 直流電源装置の通電状況は、受電ランプ／運転ランプまたは電流メーター／電圧メーターにより確認することができる。点検の結果、ランプが消灯している場合や、電流および電圧の出力がメーターにより確認できない場合は、防食電流が通電されていない可能性もあるため、適切に評価・判定しなければならない。流電陽極方式においては、モニタリングボックス内のスイッチが ON の状態になっていれば通電されていると評価・判定する。モニタリングボックス内の確認が困難な場合は、陽極システム外観の変状がなければ通電されていると評価・判定してもよい。

(2) について 電気防食システムのうち、特に、陽極システムおよび配管材に変状が確認された場合、その部位での期待する防食効果が失われている可能性もあるため、確認して詳細調査の必要性を判定する。

なお、遠隔モニタリングシステムの場合も、変状等が確認された場合は同様に評価・判定を行う。

※付録-6「電気防食システムの変状事例」参照

4.6 対策

- (1) 通電されていないと判定された場合には、適切な対策を講じなければならない。
- (2) 遠望目視において対策が必要と判定された場合には、適切な対策を講じなければならない。

【解説】 (1) について 外部電源方式の場合、直流電源装置から通電されていないと判定された場合、まず、①引込計器盤内の一次側ブレーカー、および直流電源装置内の二次側ブレーカーの確認を行う。②通電が確認されても表示灯が点灯しない場合、電球またはヒューズの交換等を行う。③ブレーカーを入れても通電されない場合は、一次側停電の有無を確認するためにも電力会社へ連絡する。なお、一次側電源の供給が確認されているのに直流電源装置から通電されない場合、専門業者に連絡し対策を講じるものとする。

流電陽極方式の場合、モニタリングボックス内のスイッチが OFF となっていた場合、通電されていないと判定する。その場合、モニタリングボックス内のスイッチを ON に切り替え通電を再開させる。また、陽極システム外観に変状が確認された場合、専門業者に連絡の上、補修または新規交換を行う。

(2) について 直流電源装置箱体に塗装の剥がれや錆等が確認された場合は、錆を十分落とした後に塗料のタッチアップを行うことが望ましい。なお、損傷が激しい場合は専門業者に連絡し、必要に応じて部品の交換または箱体本体の新規交換を行う。直流電源装置の付帯設備（警告灯、避雷器、引込計器盤など）に変状が確認された場合においても、専門業者に連絡の上、補修または新規交換を行う。

電気防食対象部コンクリート、陽極システムに変状が確認された場合、専門業者に連絡し対策を講じるも

のとする。

※付録-5「点検時の主な事象に対する対策例」参照

4.7 記録

通常点検の結果は、一定の書式を用いて記録し、構造物の供用期間中は保管しなければならない。

【解説】 電気防食システムは長期にわたり供用されるため、点検日、点検者、通電の有無および確認方法、また、直流電源装置箱体、電気防食対象部コンクリートや陽極システムの外観目視結果など、一連の点検結果が一定の方法で記述されていることが重要である。また、点検結果に基づく評価・判定も同時に記載しておくことが望ましい。

通常点検による経時的なデータの蓄積は、詳細調査における資料としても非常に有用となる。このためには、あらかじめ定めておいた書式を用いて記録し、常に利用しやすい形で保管しておく必要がある。

※付録-1「点検記録様式例」参照

5章 初期点検および中間点検

5.1 一般

(1) 初期点検は、運用開始時の通電条件が適切であるかを確認することを目的として、運用開始から1年間に実施する点検である。

(2) 中間点検は、適切な防食状態を維持することを目的として、運用開始から定期点検までの中間年または定期点検の中間年に、可能な限り実施することにより定期点検を補う点検である。

【解説】 (1) について 運用開始時の電流や電圧などの設定は施工完了時の検査や試験結果により設定されるが、鋼材の腐食反応は化学反応であるため、温度の影響を大きく受ける。そのため、通電開始後の約1年間は、季節により変化する温度、湿度の環境条件の影響や、回路バランスの状況を把握することを目的とし、電位や復極量等の計測を主とする点検を行う。

また、防食電流の供給が失われる可能性を未然に防ぐために、電気防食システムの変状の有無について遠望目視を行う。初期点検の結果は、長期的な点検の初期値として記録を保管するとともに、維持管理計画の策定・変更に活用するとよい。

(2) について 定期点検は5年に1回の頻度で実施するが、電気防食システムによる防食効果が低減していた場合に、5年という期間では鋼材の腐食を進行させる恐れがある。そこで、防食効果を確認する頻度を増やすことを主目的として中間点検の実施を設定した。

5.2 実施者

初期点検および中間点検は、電気防食工法に関して専門的知識を有する技術者が実施することを標準とする。

【解説】 初期点検および中間点検は、防食効果の確認試験および遠望目視による変状の有無を確認するため、電気防食工法に関して専門的知識を有する技術者が実施することを標準とする。

なお、電気防食システムに関して専門的知識を有する技術者とは、電気防食工法の設計、施工および適用後の維持管理の業務に精通し、なおかつ日本コンクリート工学会が認定するコンクリート診断士またはプレストレストコンクリート工学会が認定するコンクリート構造診断士の資格を有するか、あるいはこれらと同等の技術力を有するものが望ましい。

これらの業務に精通している技術者とは、対象とする電気防食工法の設計、施工または適用後の維持管理

業務に指導的立場で1件以上携わった経験を有する技術者を想定している。また、これらと同等の技術力を有するものとは、たとえば電気防食工法に関する専門団体がある場合には、その団体が認定する資格を有する技術者がこれに相当する。

5.3 頻度

- (1) 初期点検は、運用開始後1年以内をめどに年4回実施することを標準とする。なお、夏季を含むことを前提として、これを減じてもよい。
- (2) 中間点検は、初期点検完了後の翌年は必ず実施することとし、その後は、定期点検の中間年となる1～3年毎の夏季に実施することを標準とする。

【解説】 (1) について 防食効果の確認は、腐食反応が最も厳しく防食に必要となる電流量も大きくなる夏季に電位や復極量等の計測や電気防食システムの遠望目視を実施することを前提として、その頻度を減じることが可能である。

例えば、春季に施工が完了し、通電を開始した対象物においては、竣工した年の夏季に初期点検を実施し、良好な結果が得られれば、翌年の夏季に中間点検を実施し、防食効果を確認すればよいこととする。一方、夏季に竣工した場合は、翌年の夏季に初期点検を実施すればよいこととなるが、夏季の測定結果と比較することを目的として、いずれかの季節での1回以上の電位の計測を含む点検を行うことが望ましい。

表-5.3.1 に竣工季節を起点とした初期点検の実施頻度の例を示す。また、表-5.3.2 に初期点検の回数と点検内容の例を示す。

これらの点検の実施については、その実施時期および実施項目等を維持管理計画書に明記しておかなければならない。

表-5.3.1 電気防食工事の竣工を起点とした初期点検実施頻度の例

春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏
竣工	◎	○	○	○	中間				
	竣工	○	○	○	◎				中間
		竣工	○	○	◎	○			中間
			竣工	○	◎	○	○		中間

◎；必ず実施する。○；実施する方が望ましい。

表-5.3.2 初期点検の頻度と項目の例

初期点検の回数	春	夏	秋	冬
4回	○ ●	○ ●	○ ●	○ ●
4回	●	○ ●	●	○ ●
2回	—	○ ●	—	○ ●
1回	—	○ ●	—	—

○；計測，●；遠望目視，—；実施無し

(2) について 電気防食の防食効果は、通電に伴い構造物内部の環境改善（塩化物イオンの移動や鋼材近傍の pH 上昇等）が図られ通電状態も安定する傾向にあるため、通電開始後の 2 年間は、初期点検と中間点検を連続して実施しなければならない。初期点検実施後すぐに定期点検を実施する場合は、定期点検で補うことができる。その後は、定期点検の中間年での実施を基本とするが、通電の長期化に伴う防食効果の安定性などを中間点検や定期点検結果などから判断して、その頻度を適宜見直しを行うことを可とする。なお、防食効果の確認は、腐食反応が最も厳しい夏季に実施することが望ましい。第 6 章の表-6.3.1 に全ての点検における中間点検の実施頻度の例を示す。

5.4 点検項目と方法

- (1) 初期点検および中間点検は、防食効果の確認を実施する。
- (2) 初期点検および中間点検では、電気防食システム全体の変状の有無およびその程度を遠望目視により実施する。

【解説】 (1) について 初期点検及び中間点検では、防食効果を確認する点検を実施することを原則とする。防食効果の確認は、復極量試験により実施する。このときの測定値が前回と大きな違いや異常がないこと、防食基準を満足していること、外部電源方式では、定格出力を超えていないことなどを確認する。流電陽極方式では陽極発生電流も確認し、前回測定値と大きく違いがないことを確認する。

(2) について 防食電流の供給が失われる可能性を未然に防ぐために、電気防食システムの変状の有無について遠望目視を行う。電気防食システムの設置された構造物全体を対象に、徒歩で移動しながら双眼鏡などを利用して可能な限り近づき、損傷状態や変状の有無について目視確認を行う。外部電源方式の点検項目の標準を表-5.4.1 に、流電陽極方式の点検項目の標準を表-5.4.2 に示す。

※付録-2「直流電源装置での点検要領」，「流電陽極方式モニタリング装置での点検要領」参照

付録-3「分極量試験要領」，付録-4「復極量試験要領」参照

表-5.4.1 初期／中間点検項目（外部電源方式）

対象	方法	点検内容	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）	
直 流 電 源 装 置 （ モ ニ タ リ ン グ 装 置 ）	計 測	○ [定電流方式] 通電電流量を確認する （メーター指示値または計測）	指示値や計測値にばらつきが 無く安定していること 前回測定値と同程度であるこ と	詳細調査を実施し、調整または補修 を行う	
		○ [定電圧方式] 電源電圧を確認する （メーター指示値または計測）			
		○ 鋼材電位値を確認する	計測値が安定していること		詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する
		○ 電位変化量を確認する	水素発生電位より貴であること （-1000mV vs CSE）		通電量の調整を行う （調整後に復極量を再確認する） （翌年に追跡調査により確認する）
	目 視	※ 箱体の塗装、損傷、さびの有無 を確認する	塗装の剥がれがなく、損傷、 腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体 本体の新規交換	
防 食 対 象 部	目 視	○ ◎ 電気防食対象部のコンクリート 表面のひび割れ、錆汁の有無を 目視により確認する （遠望目視）	腐食を伴うひび割れ、錆汁な どの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②分配電流の確認 ③電流経路（結線部）の確認 などを実施する	
シ ス 陽 極 材		○ ◎ 陽極システムの変状の有無を目 視により確認する（遠望目視）	陽極材、被覆材（モルタル 等）に浮き、ひび割れ等の変 状がないこと	詳細調査を実施して、 ①陽極材、被覆材（モルタル等） の変状部の補修または新規交換 などを行う	
配 管		○ ◎ 配管の損傷の有無を目視により 確認する（近接または遠望）	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規 交換を行う	

【凡例】

- ；実施する項目
- ◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目
- ※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

表-5.4.2 初期／中間点検項目（流電陽極方式）

対象	方法	点検内容	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）
モ ニ タ リ ン グ 装 置	計 測	○ 通電電流量を確認する	計測値にばらつきが無く安定 していること	詳細調査を実施し、調整または補修 を行う
		○ 鋼材電位値を確認する	計測値が安定していること 水素発生電位より貴であること （-1000mV vs CSE）	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する
		○ 電位変化量を確認する	所定の電位変化量（100mV以 上）が得られていること	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 ③陽極の消耗量調査 などを実施する
目 視	※ 箱体の塗装、損傷、さびの有無 を確認する	塗装の剥がれがなく、損傷、 腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体 本体の新規交換	
防 食 対 象 部	目 視	○ ◎ 電気防食対象部のコンクリート 表面のひび割れ、錆汁の有無を 目視により確認する （遠望目視）	腐食を伴うひび割れ、錆汁な どの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②電流経路（結線部）の確認 などを実施する
シ ス 陽 極 材		○ ◎ 電気防食板、間詰材の変状、電 解質の漏洩の有無を目視により 確認する（遠望目視）	電気防食板、間詰材に変形や 浮き等の変状がないこと 電解質の漏洩がないこと	詳細調査として、陽極の消耗量調査 などを実施し、 ①電気防食板の新規交換 ②変状した間詰材の撤去、再設置 などを行う
配 管	目 視	○ 配管の損傷の有無を目視によ り確認する（近接または遠望）	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規 交換を行う

【凡例】

- ；実施する項目
- ◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目
- ※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

5.5 評価および判定

- (1) 防食効果の確認は、防食基準に基づいて評価・判定する。
- (2) 遠望目視により電気防食システムの変状を確認して詳細調査の可否を判定する。

【解説】 (1) について 電気防食適用後に要求される防食効果の確認は、復極量試験により行うことが一般的である。復極量試験とは、通電を一時的に停止し、停止直後の鋼材のインスタントオフ電位 (Eio) と一定の時間が経過した後 (一般的に 24 時間後) のオフ電位 (Eoff) の差を測定して、目標の電位変化量が得られているかを確認する試験である。

一般に防食基準として 100mV 以上の電位変化量が用いられている。鋼材の電位はコンクリート内に埋設された照合電極を用いて、高入力抵抗 (100MΩ 以上) の直流電圧計で測定する。外部電源方式により PC 鋼材を防食対象とする場合は、インスタントオフ電位が水素発生電位よりプラス方向 (貴) になるように設定しなければならない (飽和硫酸銅電極基準で -1000mV より貴であること)。なお、所定の復極量が得られない場合、測定時間の延長により防食基準を達成する場合もあり、むやみに通電量を上げることは陽極システム全体の負荷となるため、その評価・判定には特に注意しなければならない。流電陽極方式において、使用する陽極材の電位が水素発生電位より貴である場合には、PC 鋼材を防食対象とする際のインスタントオフ電位について特に規定はない。

(2) について 電気防食システムの変状により、防食効果が損なわれている、もしくは、損なう可能性があるかを確認し、その結果から詳細調査の可否を判定する。

5.6 対策

- (1) 防食基準を満たさない場合には、適切な対策を講じなければならない。
- (2) 遠望目視において対策が必要と判定された場合には、適切な対策を講じなければならない。

【解説】 (1) について 外部電源方式における初期点検は、通電開始後の 1 年間を通して季節変動を把握するため、通電開始時の設定電流量にて通電することを基本とする。但し、防食基準未達の場合には通電量を増加することとする。

定期点検の中間に行う中間点検の場合、通電電流、電圧および鋼材電位が、前回設定値と比較し大きな違いや異常がないことが重要である。前回と大きく異なる場合や異常値が確認された場合は、電気防食回路内に短絡や回路の切断等の異常を疑い、速やかに詳細調査を実施するものとする。直流電源装置における点検については付録-2「直流電源装置での点検要領」を参照するとよい。

※付録-2「直流電源装置での点検要領」参照

防食電流の調整は、腐食環境の最も激しい夏季に設定することで過不足になる可能性は低くなるものの、電流を多めに設定した場合、冬季に過防食となる恐れがあるため適度な通電量の設定が重要となる。なお、防食基準に関わる調整を実施した場合は、翌年の1回に限り追跡調査を実施するものとする。

※防食基準に関わる通電調整は、概略的に次式により調整する。 $I_c = I_o \times \Delta E_o / \Delta E_m$

(I_c : 目標電流量 I_o : 現在の電流量 ΔE_o : 目標の電位変化量 ΔE_m : 測定された電位変化量)

流電陽極方式の場合、金属固有の電位差を利用して防食電流が流れるため、電流量を設定することはできないが、外部電源方式と同様に、通電電流量および鋼材電位の測定（復極試験）を継続的に実施するものとする。また、過剰な電流が流れる場合には、防食回路への抵抗の挿入などの適切な処置を行うものとする。モニタリング装置における点検については付録-2「流電陽極方式モニタリング装置での点検要領」を参照するとよい。

※付録-2「流電陽極方式モニタリング装置での点検要領」参照

(2) について 全体遠望目視において陽極材や配管材の大きな脱落や断線等、防食効果が損なわれるものと判定された場合、または第三者災害に繋がる恐れがあると判定された場合には、速やかに詳細調査を実施し対策を講じるものとする。なお、緊急性を要しないものと判定された場合は、次回の定期点検まで経過観察とし、定期点検において詳細調査を実施するものとする。

※付録-5「点検時の主な事象に対する対策例」参照

5.7 記録

初期点検及び中間点検の結果は、一定の書式を用いて記録し、構造物の供用期間中は保管しなければならない。

【解説】 適切な維持管理ではその後の点検に必要な資料として、点検内容を維持管理関係者が参照しやすい形式で記録・保管することが、合理的な維持管理のために必要となる。なお、工事の範疇で行われる施工完了時の通電試験値は、継続的に通電を実施する電気防食の初期値であり、不具合が生じた場合の判断基準となることから、同時に保管することを基本とし、設計および施工に関する記録も同様に保管するのが望ましい。

<主な記録項目>

1)各装置の状態（補修履歴） 2)通電時の電流量、電圧値 3)通電調整試験内容 4)復極量試験内容

※付録-1「点検記録様式例」参照

6章 定期点検

6.1 一般

定期点検は、適切な防食状態を維持することを目的として、電気防食システムの状態を詳細に確認する点検である。

【解説】 定期点検は、一定の期間を定めて行うものであり、電気防食システムの状態を詳細に把握し、防食機能を維持するために実施する点検である。また、定期点検は、通常点検および初期／中間点検の情報を入手し、定期点検項目と併せて効率的に実施しなければならない。定期点検における点検項目の概略を取りまとめると以下となる。

- ① 復極量試験および防食に必要な各種測定
- ② 直流電源装置、配管材等の電気設備および陽極システムの近接目視点検
- ③ 電気防食施工箇所を含む構造物全体の近接目視点検

6.2 実施者

定期点検は、電気防食工法に関して専門的知識を有する技術者が実施することを標準とする。

【解説】 定期点検は、防食効果の確認試験および防食に必要な各種測定、近接目視により陽極、配線配管、直流電源装置等を詳細に点検するため、電気防食工法に関して専門的知識を有する技術者が実施することを標準とする。

なお、電気防食工法に関して専門的知識を有する技術者とは、電気防食工法の設計、施工および適用後の維持管理の業務に精通し、なおかつ日本コンクリート工学会が認定するコンクリート診断士またはプレストレストコンクリート工学会が認定するコンクリート構造診断士の資格を有するか、あるいはこれらと同等の技術力を有するものが望ましい。

これらの業務に精通している技術者とは、対象とする電気防食工法の設計、施工または適用後の維持管理業務に指導的立場で1件以上携わった経験を有する技術者を想定している。また、これらと同等の技術力を有するものとは、たとえば電気防食工法に関する専門団体がある場合には、その団体が認定する資格を有する技術者がこれに相当する。

6.3 頻度

定期点検は、5年に1回以上の頻度で実施しなければならない。また、この定期点検は橋梁全体の定期点検と同時に実施することが望ましい。

【解説】 定期点検の頻度は、国が定める5年に1回の定期点検に併せて、6.1【解説】の①～③を実施しなければならない。また、対象構造物のおかれている環境等を考慮して、その頻度を増やすことを可能とする。定期点検における電気防食部を含む近接目視は、電気防食の防食効果確認の定期点検と分割して実施することが可能である。その場合の防食効果の確認は、夏季に実施することを原則とする。

表-6.3.1 に定期点検並びに初期点検、中間点検の実施の目安の例として①～⑤の5パターンを示す。

表-6.3.1 定期点検の実施時期と電気防食の点検実施頻度の例

年 (例)	①	②	③	④	⑤
2013					●
2014				●	
2015			●		
2016		●			
2017	●				
2018	☆	☆	☆	☆	☆●
2019	□	□	□	□◎	□
2020	○	○	◎	○	○
2021		◎			
2022	◎		○	○	
2023		○			◎
2024	○			◎	
2025			◎		○
2026		◎		○	
2027	◎		○		
2028		○			◎
2029	○			◎	
2030			◎		(○)
2031		◎		(○)	
2032	◎		(○)		

*2018年春に竣工した場合の例

*●；電気防食の点検を含まない定期点検，◎；電気防食の点検を含む定期点検

☆；電気防食の施工，□；初期点検，○；中間点検，(○)；10年目以降の中間点検

6.4 点検項目と方法

- (1) 直流電源装置においては、防食効果の確認と箱体や設備の変状の確認を近接目視により実施する。
- (2) 陽極システムおよびその周辺においては、その変状の確認を近接目視と打音検査により実施する。
- (3) 配管材においては、その変状の確認を近接目視により実施する。
- (4) 流電陽極方式においても外部電源方式と同様に、防食効果の確認、陽極システムおよび配管材等の変状の確認を近接目視により実施する。
- (5) 遠隔モニタリングシステム装置を導入している場合には、その装置自体の点検を行うものとする。

【解説】 (1) について 電気防食システムの機能を確認するために、通電電流・電圧、鋼材電位を測定し、このときの測定値が前回と大きな違いや異常がないこと、定格出力を超えていないことなどを確認する。防食効果の確認は、復極量試験を実施するものとする。測定の結果、前回と大きく異なる値や目標とする電位値が得られない場合は通電調整を行い、それでも原因が特定できない場合には、詳細調査を実施し適切に対処しなければならない。

直流電源装置は塩害環境に晒される場合が多く、例えば、箱体外観の劣化や損傷、扉ヒンジ部の腐食やゴムパッキンの劣化、端子台の腐食等が確認された場合、軽微な補修や部品の交換等は、定期点検後速やかに行うことを基本とし、対策が必要と判定された場合には、速やかに詳細点検を実施するものとする。

※付録-2「直流電源装置での点検要領」、「流電陽極方式モニタリング装置での点検要領」 参照

付録-3「分極量試験要領」、付録-4「復極量試験要領」参照

(2) について 陽極システムの点検は、防食方式により着眼点が異なるものの、基本的に変状の有無について近接目視を行わなければならない。陽極材が埋設されている方式では、被覆材のひび割れや浮き等、変状の有無について打音検査を併用して点検を行うものとし、陽極材が躯体表面に設置される方式では、外的影響を受けやすいため、陽極材に損傷がないことや確実に固定されていることに着目して点検を実施する。また、電解質を含む陽極体においては、電解質の漏洩の有無に注意して点検を実施する。なお、陽極システムに変状が確認された場合、その周囲において外部照合電極による表面電位の計測を行い、電位変化量を確認することで防食効果の有無を判定する場合もある。これらの点検の結果、軽微な補修や部品の交換等は、定期点検後速やかに行うものとし、対策が必要と判定された場合には、速やかに詳細調査を実施しなければならない。

※付録-5「点検時の主な事象に対する対策例」、付録-6「電気防食システムの変状事例」参照

付録-8「陽極被覆モルタル浮き部での防食効果確認事例」参照

(3) について 防食電流を部材に供給するための電線を保護する配管材は、直射日光や降雨による水濡れのほか、海岸に近い環境では飛来塩分、海水飛沫等を受ける場合が多い。また、配管材の材料や固定方法の知見が乏しい年代に設置された配管材には、割れや脱落、固定金具からの錆汁による変色などが確認されている事例もあるため、近接目視または触指による点検が重要となる。これらの点検の結果、軽微な補修や部品の交換等は、定期点検後速やかに行うことを基本とし、対策が必要と判定された場合には、速やかに詳細調査を実施するものとする。

(4) について 流電陽極方式の場合、躯体表面が陽極材で覆われるため、基本的に躯体表面の目視確認が不

可となる。そのため、陽極材外観の変形や損傷、間詰め材の剥離や剥落、コンクリートからの錆汁の有無などに着目して近接目視を行うものとする。特に陽極の寿命時期が近づいた場合は、発生電流の測定を追加して陽極の消耗を把握することは、流電陽極方式の維持管理において重要となる。点検の結果、軽微な補修や部品の交換等は定期点検時に行うものとし、対策が必要と判定された場合には、速やかに詳細調査を実施しなければならない。

(5) について 遠隔モニタリングシステム自体の定期点検として、電位差計等による実際の測定値と、遠隔モニタリングシステム計測値との整合性を確認する。また、親機との整合性も確認することでシステム全体の点検を行う。システムに異常が確認された場合は、専門業者に委ね詳細調査を実施するものとする。

外部電源方式の点検の標準を表-6.4.1に、流電陽極方式の点検の標準を表-6.4.2に示す。

※遠隔モニタリングシステム自体の点検は、8.6「遠隔モニタリングシステムの点検」参照。

表-6.4.1 定期点検項目（外部電源方式）

対象	方法	点検内容	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）	
直流電源装置（モニタリング装置）	目視	○ ◎ 表示灯（運転ランプ）の点灯を確認する	表示灯が点灯していること	対策手順例として、 1)ブレーカー確認（入にする） 2)電球、ヒューズの確認 3)電力会社に連絡（停電などの確認） 4)専門業者に連絡（詳細調査へ）	
		○ ◎ 電流／電圧メーターの稼働を確認する（表示灯がない場合）	電流／電圧メーターが稼働し通電されていること		
		○ ◎ 箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	塗装の剥がれがなく、損傷、腐食がないこと		除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換
	目視	○ ◎ 箱体の扉の開閉、施錠を確認する	スムーズな開閉が行え、施錠されていること	部品または扉本体の新規交換	
		○ ◎ 配線・端子等の損傷や腐食を調べる	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換	
		○ ◎ 警告灯、避雷器、引込計器盤、積算電流計等の付帯装置を確認する	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換	
		○ ◎ 警告灯の稼働を確認する	警告灯が稼働すること	詳細調査を実施し原因を特定した上で調整または補修を行う	
	計測	○ ◎ [定電流方式] 通電電流量を確認する（メーター指示値または計測）	指示値や計測値にばらつきが無く安定していること 前回測定値と同程度であること	詳細調査を実施し、調整または補修を行う	
		○ ◎ [定電圧方式] 電源電圧を確認する（メーター指示値または計測）			
	計測	○ ◎ 鋼材電位値を確認する	計測値が安定していること	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する	
		○ ◎ 電位変化量を確認する	水素発生電位より貴であること（-1000mV vs CSE） 所定の電位変化量（100mV以上）が得られていること	通電量の調整を行う（調整後に復極量を再確認する） （翌年に追跡調査により確認する）	
		○ ◎ 照合電極の状態を確認する	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	詳細調査として、 ①照合電極配線経路の確認 ②表面に設置した基準電極と埋設照合電極との電位差の確認 などを実施する	
		◎	遠隔監視システムとの整合性を確認する	遠隔監視システム計測値と現地における計測値に差がないこと	詳細調査として、 ①現場配線の確認 ②照合電極換算値の確認 などを実施する
		○ ◎	電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する（近接目視）	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②分配電流の確認 ③電流経路（結線部）の確認 などを実施する
システム陽極	○ ◎	陽極システムの変状の有無を目視により確認する（近接目視は打音検査を併用）	陽極材、被覆材（モルタル等）に浮き、ひび割れ等の変状がないこと	詳細調査を実施して、 ①陽極材、被覆材（モルタル等）の変状部の補修または新規交換などを行う	
配管材	目視	○ ◎ 配管の損傷の有無を目視により確認する	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う	
		○ ◎ 支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する			
		○ ◎ プルボックスの損傷の有無を目視により確認する			

【凡例】

○；実施する項目

◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目

表-6.4.2 定期点検項目（流電陽極方式）

対象	方法	点検内容	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）	
モニタリング装置	目視	○ ◎ 箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	塗装の剥がれがなく、損傷、腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換	
		○ ◎ 箱体の扉の開閉、施錠を確認する	スムーズな開閉が行え、施錠されていること	部品または扉本体の新規交換	
		○ ◎ 配線・端子等の損傷や腐食を調べる	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換	
	計測	○ ◎ 通電電流量を確認する	計測値にばらつきが無く安定していること	計測値が安定していること 水素発生電位より貴であること (-1000mV vs CSE)	詳細調査を実施し、調整または補修を行う
		○ ◎ 鋼材電位値を確認する			詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する
		○ ◎ 電位変化量を確認する	所定の電位変化量（100mV以上）が得られていること	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 ③陽極の消耗量調査 などを実施する	
		○ ◎ 照合電極の状態を確認する	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	詳細調査として、 ①照合電極配線経路の確認 ②表面に設置した基準電極と埋設照合電極との電位差の確認などを実施する	
	防食対象部	目視	○ ◎ 電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する（近接目視）	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②電流経路（結線部）の確認 などを実施する
シス陽極 テム	○ ◎ 電気防食板、問詰材の変状、電解質の漏洩の有無を目視により確認する（近接目視）		電気防食板、問詰材に変形や浮き等の変状がないこと 電解質の漏洩がないこと	詳細調査として、陽極の消耗量調査などを実施し、 ①電気防食板の新規交換 ②変状した問詰材の撤去、再設置 などを行う	
配管材	目視	○ 配管の損傷の有無を目視により確認する	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う	
		○ 支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する			
		○ プルボックスの損傷の有無を目視により確認する			

【凡例】

○；実施する項目

◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目

6.5 評価および判定

- (1) 防食効果の確認は、防食基準に基づいて評価・判定する。
- (2) 近接目視および打音点検では、電気防食システム全体の変状が防食に対し有害であるかどうかを評価・判定する。

【解説】 (1) について 電気防食適用後に要求される防食効果の確認は、復極量試験により行うことが一般的である。復極量試験とは、通電を一時的に停止し、停止直後の鋼材のインスタントオフ電位（E_{io}）と一定の時間が経過した後（一般的に24時間後）のオフ電位（E_{off}）の差を測定して、目標の電位変化量が得られているかを確認する試験である。

一般に防食基準として、100mV以上の電位変化量が用いられている。鋼材の電位はコンクリート内に埋設された照合電極を用いて、高入力抵抗（100MΩ以上）の直流電圧計で測定する。PC鋼材を防食対象とする場合は、インスタントオフ電位が水素発生電位よりプラス方向（貴）になるように設定しなければならない（飽和硫酸銅電極基準で-1000mVより貴であること）。なお、所定の復極量が得られない場合、測定時間の延長により達成する場合もある。むやみに通電量を上げることは陽極システム全体の負荷となるため、その評価・判定には特に注意しなければならない。また、計測器での電位表示値が不安定な場合は、モニタリング用リード線の不良、リード線と端子の接点不良等に着目した詳細調査により改善した事例もある。

※付録-4「復極量試験要領」、付録-7「干満部回路のある復極量試験事例」、付録-9「モニタリング計測不良の調査事例」参照

(2) について 定期点検による目視点検は、基本的に足場等を利用して行われるため、コンクリート表面や陽極システム、配管材等についての近接目視を実施し、適切な基準に基づいて評価・判定しなければならない。また、流電陽極方式においては、次の定期点検までの5年間で防食効果が失われる可能性があるため、定期点検時に陽極材を取り外して消耗量調査および寿命予測を行い、適宜、維持管理計画を見直すものとする。それぞれの確認方法、評価および判定の方法は表-6.4.1、表-6.4.2を参考にするとよい。

※付録-10「耐用年数を経過した防食板の調査事例」参照

6.6 対策

- (1) 防食基準を満たさない場合には、適切な対策を講じなければならない。
- (2) 近接目視および打音検査において対策が必要と判定された場合には、適切な対策を講じなければならない。

【解説】 (1) について 一般に、鋼材の防食に必要な防食電流密度は、季節変化や通電時間の経過と共に変化するので、次第に過防食または過不足を生じる場合がある。そのため、電位変化量を測定し、設定した防食基準を満足するように、適切な方法により電流を調整する必要がある。なお、通電調整は腐食環境の最も激しい夏季に設定することで、過不足になる可能性は低くなるものの、電流を多めに設定した場合、冬季に過防食となる恐れがあるため適切な通電量の設定が重要となる。なお、防食基準に関わる調整を実施した場合は、翌年の1回に限り追跡調査を実施することとする。

※付録-2「直流電源装置での点検要領」参照

※防食基準に関わる通電調整は、概略的に次式により調整する。 $I_c = I_o \times \Delta E_o / \Delta E_m$

(I_c : 目標電流量 I_o : 現在の電流量 ΔE_o : 目標の電位変化量 ΔE_m : 測定された電位変化量)

電気防食装置の機能を確認するために、直流電源装置やモニタリング装置に表示される電流、電圧、電位を測定し、このときの測定値を設定値または前回の測定値と比較し、大きな違いや異常がないことを確認する。異常値が確認された場合は、電気防食回路内に短絡や回路の切断等の異常を疑い、速やかに詳細調査を実施するものとする。

流電陽極方式の場合、金属固有の電位差を利用して防食電流が流れるため、電流量を設定することはできないが、外部電源方式と同様に、通電電流量および鋼材電位の測定（復極量試験）を継続的に実施するものとする。また、過剰な電流が流れる場合には、防食回路への抵抗の挿入など適切な処置を行うものとする。

※付録-2「流電陽極方式モニタリング装置での点検要領」参照

(2) について 近接目視点検の結果、軽微な補修や部品の交換等は、定期点検後速やかに行うことを基本とし、陽極材や配管材の大きな脱落や断線等、防食効果が損なわれるものと判断された場合、または第三者災害に繋がる恐れがあると判断された場合には、速やかに詳細調査を実施し対策を講じなければならない。

※付録-5「点検時の主な事象に対する対策例」参照

6.7 記録

定期点検の結果は、一定の書式を用いて記録し、構造物の供用期間中は保管しなければならない。

【解説】 適切な維持管理ではその後の点検に必要な資料として、点検内容を維持管理関係者が参照しやすい形式で記録・保管することが、合理的な維持管理のために必要となる。

<主な記録項目>

1)各装置の状態（補修履歴） 2)通電時の電流量、電圧値 3)通電調整試験内容 4)復極量試験内容

※付録-1「点検記録様式例」参照

7章 臨時点検

7.1 一般

臨時点検は、落雷や大地震、台風、水害などの災害、または人的な要因に起因する事故などが発生した場合に、不適切な稼働状態を早期発見することを目的として、必要に応じて実施する点検である。

【解説】 落雷や大地震、台風、水害などの災害や人的な要因に起因する事故などの影響が、電気防食を適用している構造物に及んだ場合、速やかに臨時点検を実施する必要がある。臨時点検において重要なことは、外観目視と電気防食システムの稼働状況を確認することである。外観目視では、陽極システムや電気設備及び配線・配管の変状などを目視確認する。

また、電気防食システムの稼働状況は、外部電源方式では、直流電源装置において防食電流と電源電圧を確認し、流電陽極方式では、モニタリングボックスにおいて防食電流を確認する。その結果、過去の点検結果と比較して防食電流や電源電圧に変動が生じている場合には、電気防食システムに異常が生じている可能性が高いため、詳細調査が必要である。電気防食では、一時的に通電が停止してもしばらくの間は防食効果を維持していると考えられるため、緊急性は低いが、できるだけ速やかに通電が再開できるよう詳細調査を検討し、対策を講じなければならない。

7.2 実施者

臨時点検は、対象とする構造物の管理者が実施することを標準とする。

【解説】 臨時点検は、対象とする構造物の管理者が実施することを標準とする。点検の結果、詳細調査が必要と判断された場合は、電気防食に関して専門的知識を有する者が行うことが望ましい。

7.3 頻度

臨時点検は、災害や事故などが発生した場合に必要な応じて実施する。

【解説】 臨時点検は、落雷や大地震、台風、水害などの災害や人的な要因に起因する事故などが生じた場合に、管理者が必要と判断した時点で実施するものである。

7.4 点検項目と方法

- (1) 臨時点検は、災害の種類や事故による影響を考慮し、それらに適した点検項目を選択し実施する。
- (2) 臨時点検では、電気防食システムが正常に稼働していることを確認しなければならない。なお、遠隔モニタリングシステムが適用されている場合は、遠隔モニタリングシステムが正常に稼働していることも確認する必要がある。

【解説】 (1)および(2)について 電気防食を適用した構造物に災害や事故の影響が及んだ場合、管理者は電気防食に関連する設備と電気防食システムの稼働状況を目視で確認しなければならない。確認する設備は、送電設備、受電設備、分電設備および電気防食設備であり、主に外傷がないこと確認する。電気防食システムの稼働状況とは、外部電源方式の場合は、災害や事故が生じた直近に設定した防食電流量（定電流方式による通電の場合）もしくは通電電圧（定電圧方式による通電の場合）が設定値と同等かを直流電源装置にある表示計で確認する。また、流電陽極方式の場合は、モニタリングボックスにある防食電流測定端子で防食電流が供給されていることをスイッチがON状態であることで確認する。臨時点検における目視確認とは、遠望目視と近接目視に大別される。遠望目視では、陽極システム全体に損傷がないことなど確認設備自体に近づくことが出来ない場合でも確認が可能な点検内容となっている。一方で、直流電源装置内の損傷に関しては、近接目視を行う必要がある。これら目視確認の種類に関しては、表-7.4.1に示す臨時点検の項目を参照されたい。

臨時点検により何らかの異常が確認された場合は、詳細調査を行い対策を講じる必要がある。

災害による電気防食システムの損傷で最も頻度が多いのは、落雷による直流電源装置の損傷であり、防食電流が正常に供給されない状況となる。直流電源装置には、サージアブソーバーが設置されている場合があるが、設置されていない場合もある。また、水害によって直流電源装置やモニタリングボックス（流電陽極方式）が浸水した場合には、被災後の点検時において正常に稼働していたと判断されても、浸水によって電

子部品や接続端子の腐食が短期間で進行し、通電ができなくなるケースがある。したがって、浸水した場合には、以後の定期点検における注意事項として、電子部品や接続端子類の腐食を明記することが望ましい。

遠隔モニタリングシステムが適用されている場合は、遠隔モニタリングシステムが正常な稼働状況であるかを確認する必要がある。特に、落雷による災害では、現地に設置している遠隔モニタリング機器に過電圧が掛かり正常に稼働していないことが考えられる。例えば、設定時間などに誤差が生じている可能性がある。したがって、実施者は、まず事務所内にあるパソコン、モバイル機器などの閲覧機器を用いて現地状況を確認することが望ましく、接続が不能な場合や測定値に問題がある場合は、詳細調査により現地を確認する必要がある。

表-7.4.1 臨時点検項目

施設名	装置名	点検内容	点検結果の判断基準	災害の種類	
				落雷等	地震・津波 台風・事故
送電線 設備	電柱	損傷の有無	損傷がないこと	●	●
	配電線	損傷の有無	損傷がないこと	●	●
受電 設備	積算電力量計	損傷の有無	損傷がないこと	○	○
	引込開閉基盤	扉の開閉、施錠の確認	スムーズな開閉が行え、施錠できること	-	○
		本体の損傷の有無	損傷がないこと	-	○
		配線遮断器の損傷の有無	損傷がないこと	○	○
		雷害対策装置の損傷の有無	外観上の損傷がないこと	○	-
		端子の損傷の有無	損傷がないこと	○	○
	取付金具の損傷の有無	損傷により本体の脱落がないこと	-	○	
	引込柱	損傷の有無	損傷がないこと	●	●
配線・配管（配線遮断）	損傷の有無	損傷がないこと	●	●	
配線・配管（配線遮断）	損傷の有無	損傷がないこと	●	●	
分電 設備	分電盤	扉の開閉、施錠の確認	スムーズな開閉が行え、施錠できること	-	○
		本体の損傷の有無	損傷がないこと	-	○
		配線遮断器の損傷の有無	損傷がないこと	○	○
		雷害対策装置の損傷の有無	外観上の損傷がないこと	○	-
		端子の損傷の有無	損傷がないこと	○	○
	取付金具の損傷の有無	損傷により本体の脱落がないこと	-	○	
配線配管	損傷の有無	物理的な損傷がないこと	●	●	
電気防 食 設備	直流電源装置 (外部電源方式)	扉の開閉、施錠の確認	スムーズな開閉が行え、施錠できること	-	○
		本体の損傷の有無	損傷がないこと	-	○
		配線遮断器の損傷の有無	損傷がないこと	○	○
		雷害対策装置の損傷の有無	外観上の損傷がないこと	○	-
		端子の損傷の有無	損傷がないこと	○	○
		取付金具の損傷の有無	損傷により本体の脱落がないこと	-	○
		表示灯の点灯の確認	受電など表示灯が点灯していること	○	○
	通電の確認	通電電流、電圧が設定値と一致している	○	○	
	モニタリング装置 (流電陽極方式)	扉の開閉、施錠の確認	スムーズな開閉が行え、施錠できること	-	○
		本体の損傷の有無	損傷がないこと	-	○
		通電の確認	スイッチがONの状態であること	○	○
	配線配管	損傷の有無	損傷がないこと	-	○
陽極システム	陽極システムの損傷の有無	陽極材及び被覆材に物理的な損傷がないこと	-	●	
遠隔モニタリング システム	損傷の確認	通信不可の場合に実施	○	○	
	通信状況の確認	閲覧機器で通信ができること	●	●	

●:遠望目視, ○:近接目視

7.5 評価および判定

- (1) 電気防食システムの稼働状態を確認して詳細調査の必要の可否を判定する。
- (2) 電気防食システムの変状を確認して詳細調査の可否を判定する。

【解説】 (1)および(2)について 臨時点検は、表-7.4.1 の点検項目表に基づいて点検を行い、評価・判定することを標準とする。電気防食システムは、防食対象となる全ての部位に対して適切な防食電流を供給しなければならないため、通電の停止、陽極システムの損傷により一部の部位に所定の防食電流を供給できない場合は、防食効果の低下につながるため、早急な対策が必要である。電気防食システムの稼働状況は、直流電源装置（電流、電源電圧）あるいはモニタリングボックス（電流）によって確認できる。なお、遠隔モニタリングシステムが適用されている場合は、閲覧機器により稼働状況を確認してよい。判定では、過去の点検結果に比べて電源電圧の上昇や防食電流の低下が認められる場合には、直流電源装置の機能低下や陽極システムおよび配線に損傷が生じている可能性が高いため、詳細調査を検討し、適切な対策を講じなければならない。なお、詳細調査は、専門業者が実施することが望ましい。ただし、電柱から引込開閉基盤までの上流側（送電設備）に損傷が確認された場合は、電力会社の管理となるため、管理者が所轄の電力会社に状況を確認することが望ましい。

臨時点検において、防食電流が過去の点検結果に比べて低下していた場合や電気防食システムの稼働が一定期間停止した後に、復旧した場合には、通電再開後半年以内に防食効果の確認を行うことが望ましい。詳細調査における防食効果の確認は、分極量試験または復極量試験を実施し、100mV 以上であるか評価・判定する。防食効果確認試験の方法については、「電気防食工法の維持管理マニュアル（案）付録-3 分極量（通電）試験要領および付録-4 復極量試験要領」を参照するとよい。

なお、防食基準に関わる通電調整を実施した場合は、翌年の1回に限り追跡調査を実施することが望ましい。

7.6 対策

臨時点検において対策が必要と判定された場合には、詳細調査を実施し、適切な対策を講じなければならない。

【解説】 臨時点検によって対策が必要であると判定された場合には、速やかに詳細調査を実施し、適切な対策を講じなければならない。

7.7 記録

臨時点検の結果は、容易に判読できる書式を用いて記録し、構造物の供用期間中は保管しなければならない。

【解説】 臨時点検で実施した点検項目、点検結果、実施した対策は、適切に記録、保管しなければならない。点検の結果として補修（部品交換を含む）等が生じた場合には、その原因や対策について内容を記載し、記録として残すものとする。特に対策については、原因と具体的な対処について内容を記録に残す必要がある。詳細調査を実施した場合も同様にその内容を記録に残す必要がある。なお、記録に関しては、容易に判読できる書式を用いることが、今後の維持管理においても有用である。

8章 遠隔モニタリングシステム

8.1 一般

電気防食システムにおける維持管理の簡略化および常時監視を目的として、電話回線やモバイルデータ通信などを利用したモニタリングシステムを適用することが可能である。

【解説】 電気防食工法を適用した後、電気防食システムの維持管理を行うにあたり、防食効果の確認、電源電圧および防食電流などの測定をともなう管理では、測定者が電気防食工法に関する一定の技術を有する必要がある、現地のモニタリング端子で測定する必要がある。

そこで、測定者が現地へ移動する時間の簡略化や測定者の技術レベルに依存する管理項目の确实性を補うことなどを目的として、遠隔モニタリングシステムを適用することも有効である。ただし、遠隔モニタリングシステムの導入では、適用するシステムの信頼性および管理レベルと費用対効果を十分に検討しなければならない。

なお、遠隔モニタリングシステムでは、構造物に設置された配線配管、直流電源装置を収納している箱体や陽極システムの外観を管理することは不可能であるため、これらの管理項目に関しては、中間点検や定期点検で実施することが必要である。

8.2 遠隔モニタリングシステムの構成

遠隔モニタリングシステムには、現地にある遠隔モニタリングユニット、通信方法や閲覧機器により、管理可能な内容が異なるため、目的に適したシステムを選択しなければならない。

【解説】 遠隔モニタリングシステムの構成は、図-8.2.1 に示すように電気防食を適用した構造物から照合電極などのモニタリング機器を配線・配管を用いて遠隔モニタリングユニットに接続し、データを蓄積する。この蓄積されたデータを管理者が閲覧機器を用いて、データ蓄積ユニットに通信し、蓄積データの閲覧を行うことができるシステムである。遠隔モニタリングシステムには、遠隔モニタリングユニットの機能、通信方法が異なるシステムが存在するため、使用目的により、適切なシステムを選択することが必要である。通信方法は、遠隔モニタリングシステムによって異なり、電話回線やモバイルデータ通信などが用いられている。

例えば、遠隔モニタリングユニットの機能には、防食電流、電源電圧などが供給されていることを監視する機能および防食電流を自動的に調整可能な制御機能の両方を有するシステム、監視機能のみを有するシステムがある。防食電流、電源電圧あるいは復極量などの監視により得られたデータは、遠隔モニタリングユニット内あるいは外部サーバーに蓄積される。管理者は、いずれのシステムにおいても、閲覧機器を用いて現地から離れた場所でこれらのデータを確認することができる。閲覧機器には、専用の閲覧ソフトがインストールされており、各種設定項目に関して、一般的に色分け表示し閲覧者が視覚的に正常の可否を判断することが可能である。表-8.2.1 には、参考までに2種類の遠隔モニタリングシステムにおける構成および機能を示した。

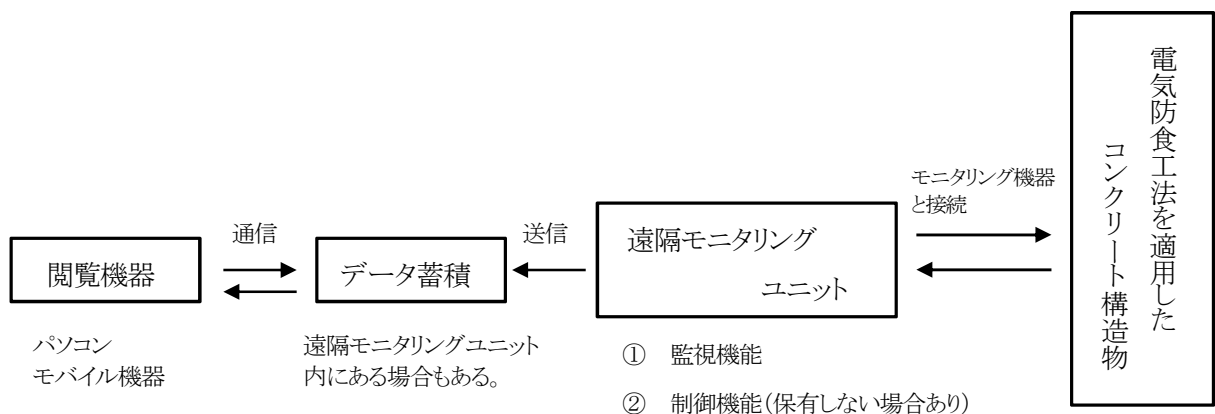


図-8.2.1 遠隔モニタリングシステムの構成概要

表-8.2.1 システム1およびシステム2の対応表

場所	項目	システム構成および機能	
		システム1	システム2
事務所	閲覧機器	モバイル端末(タブレット) もしくはパソコン	事務所パソコン (ノートPCもしくはデスクトップPC)
	使用回線	モバイルデータ通信	電話回線
	警報受信	復極量：100mV以下であれば色表示 通信停止、電流停止時には、設定したメールアドレスにアラームメールを受信	下記の内容が発生すると色表示および警報受信 ・AC受電異常 ・防食電流異常 ・過防食電位発生 ・復極量100mV以下 下記の内容が発生すると警報受信のみ ・メモリー残量：少 ・アレスタ異常
	データの回収	測定翌日から確認可能	即時可能
	任意測定	・電源電圧 ・防食電流 ・鋼材電位	・電源電圧 ・防食電流 ・鋼材電位
	定期通知	不可	1回/月に定期通知を受信 内容：稼働状況、防食効果等
遠隔モニタリング ユニット	現地装置構成	・測定ユニット ・直流電源ユニット ・遠隔監視ユニット ・主電源ユニット	・直流電源装置 ・遠隔監視制御装置 ・無停電電源装置 ・モデム
	自動測定項目	・復極量：1回/月 ・電源電圧：1回/日 ・防食電流：〃 ・鋼材電位：〃	・復極量 ・電源電圧 ・防食電流 ・鋼材電位 測定頻度は任意設定可能
	電流調整	不可	自動および手動制御機能あり
	現地装置での 測定値表示	可能	不可

8.3 実施者

遠隔モニタリングシステムの運用は、対象とする構造物の管理者が実施することを標準とする。ただし、定期点検や臨時点検など専門的知識が必要な点検に関しては、専門業者が実施することが望ましい。

【解説】 遠隔モニタリングシステムでは、閲覧機器を用いることで防食電流、電源電圧、鋼材電位（オン電位、インスタントオフ電位）、復極量を容易に確認することが可能である。したがって、遠隔モニタリングシステムの閲覧機器を用いた測定値の閲覧による管理は、対象とする構造物の管理者が実施することを標準としている。

一方で、定期点検や臨時点検では、現地にある遠隔モニタリングユニットが正常に稼働しているか否かを確認する必要がある、専門的知識が要求される場合がある。このような場合は、専門業者が実施することが望ましい。

8.4 遠隔モニタリングシステムの運用

遠隔モニタリングシステムを適用した場合、電気防食工法を適用したコンクリート構造物の通常点検では、管理者が閲覧機器を用いて防食状況を確認することで、これを代用することができる。また、初期点検、中間点検、定期点検および臨時点検時では、遠隔モニタリングシステムで測定可能な点検項目に関して、その測定値で代用することができる。定期点検では、現地にある遠隔モニタリングユニットの点検を行わなければならない。

【解説】 遠隔モニタリングシステムを適用した場合、通常点検は、遠隔モニタリングシステムの閲覧機器により、電気防食システムが稼働しているか否かを防食電流あるいは電源電圧を確認することで代用することが可能である。適用するシステムによっては、異常状況をプリンターに出力するなどの機能もあるため、適用システムによって稼働状況の確認方法を決定しても良い。

表-8.4.1 には、表-3.6.1 に示した点検項目表を基にして、遠隔モニタリングシステムにより代用可能な点検項目を示す。初期点検、中間点検および定期点検では、各種外観確認の項目があるが、これら項目に関して遠隔モニタリングシステムで代用することは出来ない。稼働状況の確認項目では、電気防食システムにおける通電方法によって点検内容が異なり、定電流方式では防食電流、定電圧方式では電源電圧を遠隔モニタリングシステムによって確認する。

表-8.4.1 遠隔モニタリングシステムにより代用可能な点検項目

対象	項目	方法	点検内容	通常点検	初期点検	中間点検	定期点検	臨時点検
直流電源装置	稼働状況	計測	[定電流方式] 防食電流を確認する	○※1	○※1	○※1	○※1	○※1
			[定電流方式] 電源電圧を確認する	○※1	○※1	○※1	○※1	○※1
	防食状態	計測	鋼材電位値を確認する	—	○	○	○	—
			電位変化量を確認する	—	○	○	○	—
			照合電極の状態を確認する	—	—	—	○※2	—

※1 通電方式の制御によって、定電流方式と定電圧方式を選択する。

※2 照合電極の状態に関しては、現地測定値との比較が必要である。

臨時点検に関しては、第7章を参照すること。各点検時に遠隔モニタリングシステムの閲覧機器にて、電気防食システムの稼働が確認できない場合は、まず通信網が正常か否かを確認する必要がある。例えば、電話回線を使用するシステムの場合は、電話回線が正常に稼働しているかを通信会社に確認することが初動作業である。通信網が正常にも関わらず、閲覧不可能な場合は、現地に設置している遠隔モニタリングユニットや閲覧機器に何らかの不具合が生じている可能性があるため、専門の業者に連絡し、詳細調査の後に対策を講じる。

8.5 遠隔モニタリングシステム運用中の異常情報への対策

管理者は、遠隔モニタリングシステムで電気防食システムの稼働状況が異常と判断された情報に関して、適切な対策を講じなければならない。

【解説】 管理者は、遠隔モニタリングシステムを適用することによって、電気防食システムの稼働状況を常時監視することが可能である。遠隔モニタリングシステムでは、異常情報が閲覧機器やプリンターなどを使用して管理者が常時確認することが可能である。異常情報には、防食効果の確認試験結果である復極量や直流電源装置の稼働状況などがあり、適用する遠隔モニタリングシステムで異常情報の種類が異なる。管理者は、これら異常情報を入手した際には、適用された遠隔モニタリングシステムのマニュアルにしたがって、適切な対策を講じなければならない。

8.6 遠隔モニタリングシステムの点検

遠隔モニタリングシステムは、電気防食システムの稼働状況を監視する機器であるが、現地に設置された遠隔モニタリングユニットや閲覧機器の点検を行う必要がある。定期点検では、必ず実施しなければならない。また、臨時点検では、必要に応じて点検しなければならない。

【解説】 遠隔モニタリングシステムは、点検時に正常に稼働しているか否かを定期的に確認する必要がある。遠隔モニタリングシステムの点検項目およびその判定方法の一覧表を表-8.6.1に示す。なお、本点検は、専門的な知識を必要とするため、専門業者が実施することが望ましい。遠隔モニタリングシステムの点検には、電気防食システムの稼働状況を確認する閲覧機器および現地に設置されている遠隔モニタリングユニット本体を点検する必要がある。

なお、遠隔モニタリングシステムの点検は、初期点検や中間点検でも実施することが望ましいが、定期点検時には必ず実施しなければならない。表-8.6.1には、遠隔モニタリングシステムそのものの点検項目に関して記載する。特に、遠隔モニタリングユニットでは、鋼材の電位を測定するための電圧計に相当する機器が内蔵されているため、遠隔モニタリングシステムの運用時に正確な値を測定することを目的として現地で測定された値と閲覧機器に表示される値を比較する必要がある。

表-8.6.1 遠隔モニタリングシステムの点検項目

点検場所	点検項目	判定方法
事務所（閲覧機器）	表示確認	所定の閲覧が可能か。
現地	現地設置機器の稼働	設置機器正常に稼働しているか。
	現地設置機器測定部の確認	電位測定値が正常か否か。

各測定項目の詳細に関しては、適用される遠隔モニタリングシステムにより、確認可能な項目およびその点検方法が異なるため、適用される遠隔モニタリングシステムのマニュアルを参照されたい。

8.7 遠隔モニタリングシステムの記録

遠隔モニタリングシステムで得られた各種測定値および異常情報は、少なくとも構造物の供用期間中は記録、保管しなくてはならない。

【解説】 遠隔モニタリングシステムを適用した構造物では、8.4節で示したように各種点検において、点検項目の一部を代用することが可能である。したがって、各点検を実施する際には、代用した項目と測定値を各点検の記録用紙に併記し、遠隔モニタリングシステムで代用したことを記載しなければならない。

8.5節で示したように遠隔モニタリングシステムで得られた異常情報および対処方法に関しては、これらを記録として保管しなければならない。

また、遠隔モニタリングシステムでは、設定した測定間隔ごとに各種測定データが蓄積されているため、定期的に蓄積データを回収し、電子データとして保管されることが望ましい。これは、電気防食システムに何らかの不具合が発生した場合の対策時に貴重な情報として使用することができるからである。

9章 記 録

9.1 総則

- (1) 電気防食工法の維持管理においては、点検・評価・対策等の結果を、維持管理計画に基づいた適切な方法で記録し、保管しなければならない。
- (2) 構造物全体の維持管理の記録と一元化するために、電気防食工法の維持管理において実施した点検・評価・対策等の結果を、橋梁管理カルテ等の道路橋の維持管理計画で定められた適切な方法に要約し、容易に参照できるように記録し保管することが望ましい。

【解説】(1) について 維持管理では、点検とその対策の結果を維持管理計画に基づいて参照しやすい方法で記録し、将来の事象に備えるとともに、維持管理サイクルの効率化や高度化につなげることが重要である。電気防食の維持管理も、前章までに述べた適切な記録方法に基づいて、橋梁部材の防食性能の持続と電気防食システムの耐久性確保をはかる。

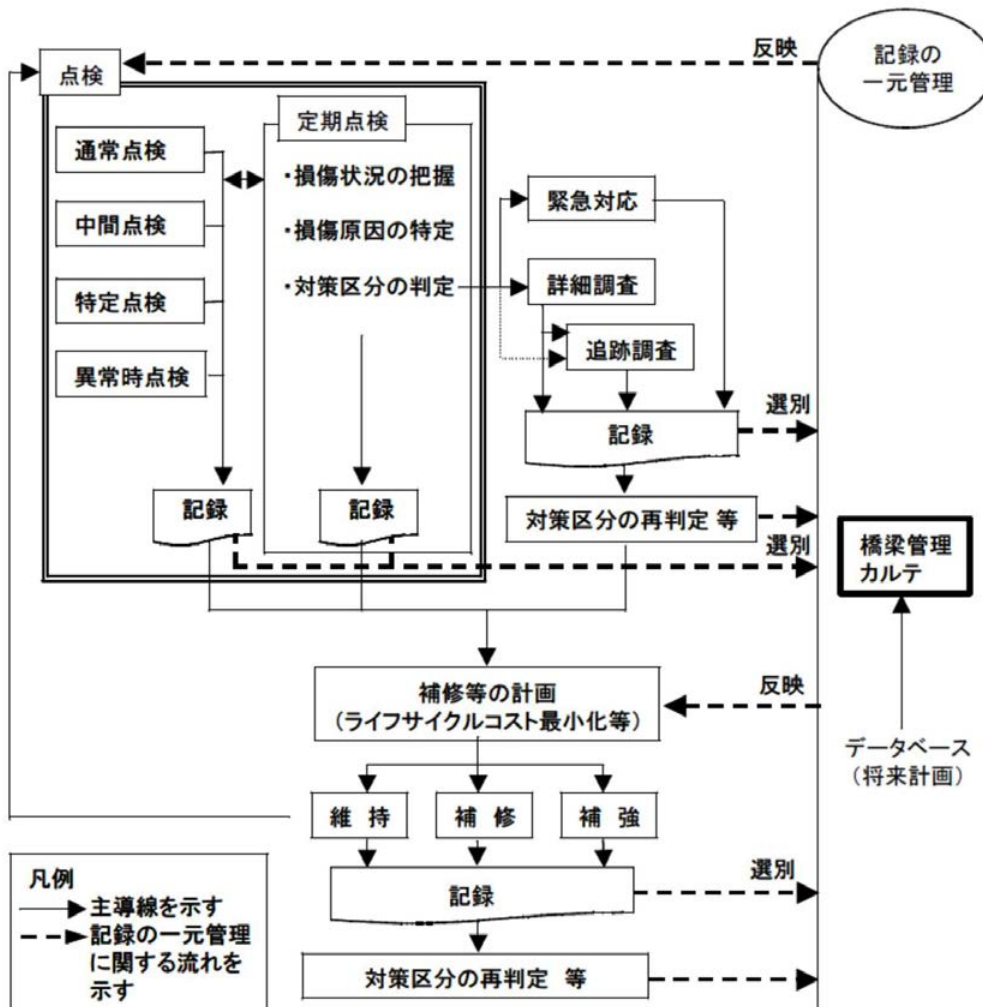
(2) について 道路橋は、道路法施行規則で5年に1回の点検が義務付けられており、道路橋点検要領によりその方法や記録内容が詳しく定められている。電気防食工法が対象とする桁、床版、下部工等のコンクリート部材にも、その部材ごとの点検項目や方法、点検調書としての記録様式が定められ、記録が蓄積されるようになっている。電気防食工法の維持管理記録も、道路橋全体の維持管理に明確に関連付けることにより、構造物の維持管理サイクルにおいて効果的に参照できるようにしておくことが望ましい。

電気防食工法が適用された部材は、コンクリート内部まで塩分が浸透していても防食電流が流れていれば部材の健全性を担保できることが多い。コンクリート橋の塩害に関する特定点検要領(案)等による点検記録は、電気防食工法の維持管理と密接な関係をもつ。塩害橋梁においては、電気防食工法と他の対策工法の適用および維持管理の記録が一元化されていないと、維持管理サイクルの円滑な実施の障害となるばかりでなく、電気防食の機能不全や部材の早期劣化をもたらすことになる。

標識や照明等の橋梁附属物や橋面舗装の状態については、橋梁を構成する部材のひとつとして点検とその記録がなされるほか、添架管路や橋面上等の占用利用物件なども附属物として点検対象になっている。橋梁附属物としては管路の他にも様々な設備が設置され、電気設備としては、照明、情報板、換気装置等があり、電気防食工法の設備はその一つである。これらの電気設備は、それぞれの機能の維持のための維持管理が並行して実施され、点検管理とその記録がなされている。

橋梁の設計施工時の資料と、これらの維持管理情報を一元化するための取組みとして、図-9.1.1に示す道路橋における維持管理の体系と、橋梁管理カルテ等のデータベースが活用されつつある。また、これらのデータベースをもとに、橋梁マネジメントシステム等のアセットマネジメントシステムが構築されている道路管理者もあり、橋梁群の計画的管理につなげることが進められている。現状は橋梁管理カルテ等の施策が有効に機能している管理者は多くないが、電気防食工法の維持管理記録を橋梁点検の一連の記録群と連動させ、橋梁維持管理と連動させることは重要である。電気防食工法は、桁等の重要部材の耐久性に大きく関与する

ものであり、劣化状態の把握と健全度の予測において不可欠な管理記録となることから、一元的な記録の管理が望まれる。



(橋梁の維持管理の体系と橋梁管理カルテ作成要領 (案), 国土交通省道路局, 平成 16 年 3 月)

図-9.1.1 道路橋の維持管理の体系と橋梁管理カルテによる記録の一元管理

9.2 電気防食工法の維持管理の記録

- (1) 電気防食工法の維持管理の記録は、橋梁の管理者が、構造物の供用期間中は保管しなければならない。
- (2) 電気防食工法の「通常点検」、「初期点検」、「中間点検」、「定期点検」、「臨時点検」の結果は、これらを集約し、あるいは容易に参照できるように保管する。
- (3) 点検の結果は、一定の書式を用いて記録することとし、電気防食工法の適用時にあらかじめ定めておく。

【解説】 (1) および (3) について 電気防食の維持管理において実施した点検・評価・対策等の結果は、維持管理計画に基づいて本マニュアルの第4章から8章とその付録に示された様式例を参考に記録し、供用

期間中にわたり容易に参照できるように、橋梁の管理者が適切に保管しなければならない。

(2) について 通常点検としての稼働状態の確認は、本マニュアルでは6ヶ月に1回以上の頻度で実施することとしているが、防食電流の通電有無が稼働確認の基本であり、路線の巡回において日常的にその確認をすることが望ましい。日常巡回は、落下物等による交通支障や附属物の健全性、照明や情報板の作動状態等が主な対象であり、パトロールカーにより路線ごとに定められた回数の巡視を行い記録が蓄積されるのが一般的である。電気防食工法の稼働状態についても、これらの巡回により確認と異常発生の記録ができるような設備や運用の改良、たとえば通電停止等に走行車両から視認できる異常警告灯の設置等が望まれる。そして、これらの点検がなされる場合は、維持管理計画において日常巡回記録の参照方法を示すとともに、他の点検においてその結果を参照することが望ましい。

電気防食適用後の初期点検とその対策（主に防食電流量の調整）、定期点検を補完するための中間点検とその対策の結果は、定期点検の結果、詳細調査、対策の記録とともに集約して保管し、電気防食の履歴を一覧できるようにしておく。

落雷、地震、台風等の災害や衝突事故等が発生した後の臨時点検は、電気防食の点検を主目的に実施する場合と、橋梁部材、あるいは他の電気設備等の橋梁附属物の点検とともに行う場合が考えられる。臨時点検を実施した場合には、電気防食の点検結果を記録して保管する。

9.3 橋梁点検調書への記録

(1) 本マニュアル（案）に基づいて実施した点検の結果は、道路橋点検要領に基づく点検調書に橋梁の附属物として記録する。

(2) 道路橋の定期点検と同時に電気防食工法の定期点検を実施した場合には、橋梁点検調書の上部工-その他、あるいは下部工-その他の項目に、電気防食工法の点検結果の要約を記載する。

(3) 橋梁定期点検とは別に電気防食工法の定期点検を実施した場合には、電気防食工法の点検記録に評価記録を記載するとともに、次回の橋梁定期点検の際にその点検結果の要約を反映させる。

(4) 点検結果に基づく評価・対策等ならびに、これに補修等を行った場合は、橋梁管理者が構築している管理カルテ等の記入方法により記録するものとする。

【解説】 (1) について 道路橋では、道路法施行規則第4条の5の規定に基づいて定められた道路橋定期点検要領において、最小限の方法、記録項目が具体的に示されている。道路橋の管理者は、これをもとに定期点検の記録方法とその様式を定めており、たとえば国の直轄橋梁では、橋梁定期点検要領（国土交通省道路局国道・防災課、平成26年6月）で評価基準と点検調書を設定している。

電気防食工法において設置される機器等には、**図-9.3.1**に示すように、桁等の部材の内部や表面に一体化される陽極システムと、電源装置や配管等がある。これらは、道路法第2条第2項に規定する道路の附属物（橋梁と一体となってその効用を全うする施設又は工作物及び道路の附属物で当該道路に附属して設けられているもの）に該当することが多い。電気防食工法の点検結果は、これらの附属物として点検調書に記録することを原則とする。

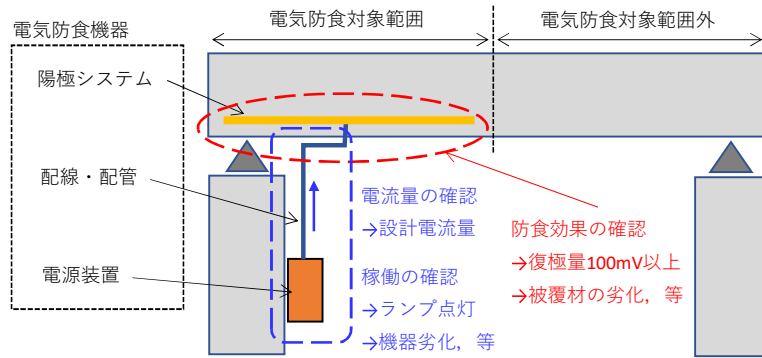


図-9.3.1 橋梁定期点検および電気防食工法の点検の範囲

(2) および (3) について 電気防食工法の点検結果は、前節に従い集約して記録し保管するが、橋梁の附属物としての健全性については、橋梁点検調書にもその一部要約を記録する。主な記録内容は、図-9.3.2に示すような第三者被害をはじめとした附属物としての健全性や陽極システムの状態に関する点検結果である。なお、鉄筋の腐食やコンクリート状態等をはじめとした、橋梁部材の点検、評価、対策区分の判定は、道路橋の定期点検において一義的に実施するものであり、電気防食の点検において評価するものではない。ただし、電気防食工法の稼働状態と維持管理履歴は、コンクリート部材の損傷状態の把握や健全度の判定において重要な情報となるため、橋梁点検の健全度判定で参照できるよう前節に示す記録の集約を行う必要がある。

橋梁の附属物としての点検結果の記録方法は、道路橋点検要領のほか、橋梁における第三者被害予防措置要領（案）を参考に要約する。なお、道路法第2条第2項に規定する道路の附属物のうち、門型以外の標識及び照明施設である小規模附属物の点検については、小規模附属物点検要領（国土交通省道路局，平成29年3月）に標準的な方法や内容が定められており、電気防食工法で設置される機器である電源装置、配線や配管、接続用の箱類には、これらの要領等も参考にするとよい。

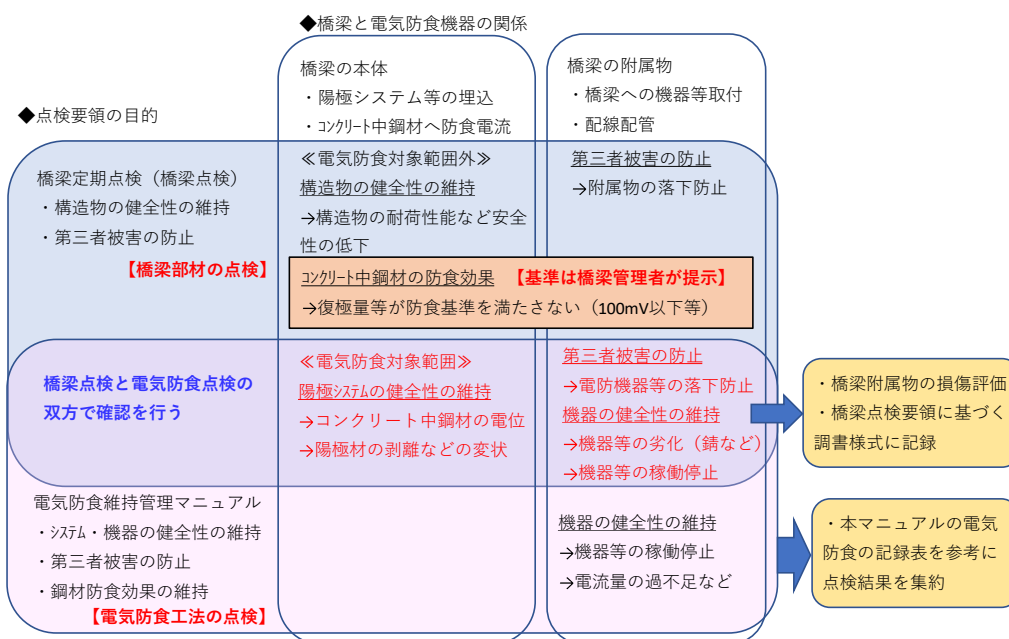


図-9.3.2 橋梁点検調書および電気防食工法の点検記録

(4) について 橋梁の設計施工時の資料と、これらの維持管理情報を一元化するための取組みとして、橋梁管理カルテ等のデータベースが用いられるが、電気防食工法の維持管理記録は、橋梁のコンクリート部材の健全度評価や将来の損傷予測に不可欠な情報となる。蓄積された各種点検・調査結果や橋梁管理カルテをもとに、ライフサイクルコスト等を考慮して補修等の計画が立案され、対策が実施される。補修等を実施した場合も、その対策を踏まえて対策区分を再判定し結果を蓄積するとともに、橋梁管理カルテが更新されてゆく。一元管理された記録は、次回の定期点検等の点検計画に反映され、適切かつ効率的な点検の実施が可能となる。以上が繰り返される体系となることで、適切かつ効率的な維持管理が行われるものである。したがって、これらのデータベースに電気防食の維持管理記録が反映される必要がある。

電気防食工法の維持管理マニュアル（案）付録

目 次

付録-1 点検項目表、点検記録様式例	付-1
付録-2 直流電源装置での点検要領、モニタリング装置での点検要領	付-10
付録-3 分極量（通電）試験要領.....	付-21
付録-4 復極量試験要領	付-24
付録-5 点検時の主な事象に対する対策例	付-27
付録-6 電気防食システムの変状.....	付-32
付録-7 干満部回路のある復極量試験.....	付-35
付録-8 陽極被覆モルタル浮き部での防食効果確認.....	付-37
付録-9 モニタリング計測不良の調査.....	付-43
付録-10 耐用年数を経過した防食板の調査	付-48
付録-11 遠隔モニタリングシステムの概要（システム1）	付-56
付録-12 遠隔モニタリングシステムの概要（システム2）	付-59

付録-1

点検項目表

(外部電源方式，流電陽極方式)

点検記録様式例

(通常，初期・中間，定期，測定用紙)

点検項目表（外部電源方式）

対象	項目	方法	点検内容	通常点検	初期点検	中間点検	定期点検	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）	
直流電源装置（モニタリング装置）	通電の有無	目視	表示灯（運転ランプ）の点灯を確認する	○			◎	表示灯が点灯していること	対策手順例として、 1)ブレーカー確認（入にする） 2)電球、ヒューズの確認 3)電力会社に連絡（停電などの確認） 4)専門業者に連絡（詳細調査へ）	
			電流／電圧メーターの稼働を確認する（表示灯がない場合）	○			◎	電流／電圧メーターが稼働し通電されていること		
			警告灯の点灯の有無を確認する	※				警告灯が点灯していないこと		
	変状の有無	目視	箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	※	※	※	◎	塗装の剥がれがなく、損傷、腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換	
			箱体の扉の開閉、施錠を確認する				◎	スムーズな開閉が行え、施錠されていること	部品または扉本体の新規交換	
			配線・端子等の損傷や腐食を調べる				◎	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換	
			警告灯、避雷器、引込計器盤、積算電流計等の付帯装置を確認する	※			◎	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換	
	稼働状態	計測	警告灯の稼働を確認する				◎	警告灯が稼働すること	詳細調査を実施し原因を特定した上で調整または補修を行う	
			[定電流方式] 通電電流量を確認する （メーター指示値または計測） [定電圧方式] 電源電圧を確認する （メーター指示値または計測）		○	○	◎	指示値や計測値にばらつきが無く安定していること 前回測定値と同程度であること	詳細調査を実施し、調整または補修を行う	
	防食状態	計測	鋼材電位値を確認する			○	○	◎	計測値が安定していること 水素発生電位より貴であること （-100mV vs CSE）	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する
			電位変化量を確認する			○	○	◎	所定の電位変化量（100mV以上）が得られていること	通電量の調整を行う （調整後に復極量を再確認する） （翌年に追跡調査により確認する）
			照合電極の状態を確認する					◎	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	詳細調査として、 ①照合電極配線経路の確認 ②表面に設置した基準電極と埋設照合電極との電位差の確認 などを実施する
			遠隔監視システムとの整合性を確認する					◎	遠隔監視システム計測値と現地における計測値に差がないこと	詳細調査として、 ①現場配線の確認 ②照合電極換算値の確認 などを実施する
	防食対象部	目視（打音検査）	電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する	※	◎	◎	◎	◎	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②分配電流の確認 ③電流経路（結線部）の確認 などを実施する
			陽極システムの変状の有無を目視により確認する（近接目視は打音検査を併用）	※	◎	◎	◎	◎	◎	陽極材、被覆材（モルタル等）に浮き、ひび割れ等の変状がないこと
	配管材	目視	配管の損傷の有無を目視により確認する	※	◎	◎	◎	◎	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う
			支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する				◎			
			プルボックスの損傷の有無を目視により確認する				◎			

【備考】

・臨時点検は7章を参照のこと

【凡例】

○；実施する項目

◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目

※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

点検項目表（流電陽極方式）

対象	項目	方法	点検内容	通常点検	初期点検	中間点検	定期点検	点検結果に対する判定基準	備考（対策例）
箱体	有無	目視	ボックス内のスイッチがONになっていることを確認する	○				スイッチがONの状態であること	OFFになっていた場合、速やかにONに復旧する
モニタリング装置	変状の有無	目視	箱体の塗装、損傷、さびの有無を確認する	※	※	※	○ ◎	塗装の剥がれがなく、損傷、腐食がないこと	除錆後に塗料をタッチアップ 損傷が激しい場合は部品または箱体本体の新規交換
			箱体の扉の開閉、施錠を確認する				○ ◎	スムーズな開閉が行え、施錠されていること	部品または扉本体の新規交換
			配線・端子等の損傷や腐食を調べる				○ ◎	損傷や腐食がないこと	補修または新規交換
	防食状態	計測	通電電流量を確認する		○	○	○ ◎	計測値にばらつきが無く安定していること	詳細調査を実施し、調整または補修を行う
			鋼材電位値を確認する		○	○	○ ◎	計測値が安定していること 水素発生電位より貴であること (-1000mV vs CSE)	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 などを実施する
			電位変化量を確認する		○	○	○ ◎	所定の電位変化量（100mV以上）が得られていること	詳細調査として ①電流経路（結線部）を確認 ②照合電極の状態確認 ③陽極の消耗量調査 などを実施する
			照合電極の状態を確認する				○ ◎	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	詳細調査として、 ①照合電極配線経路の確認 ②表面に設置した基準電極と埋設照合電極との電位差の確認 などを実施する
防食対象部	変状の有無	目視	電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ、錆汁の有無を目視により確認する	※ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 近接	腐食を伴うひび割れ、錆汁などの変状がないこと	詳細調査として、 ①表面電位による防食効果の確認 ②電流経路（結線部）の確認 などを実施する
シス陽極			陽極材、間詰材（モルタルまたはバックフィル材）の変状、電解質の漏洩の有無を目視により確認する	※ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 近接	陽極材、間詰材（モルタルまたはバックフィル材）に変形や浮き等の変状がないこと 電解質の漏洩がないこと	詳細調査として、陽極の消耗量調査などを実施し、 ①陽極材の新規交換 ②変状した間詰材の撤去、再設置 などを行う
配管材	変状の有無	目視	配管の損傷の有無を目視により確認する	※	○	○	○	損傷や劣化、脱落がないこと	詳細調査を実施し、補修または新規交換を行う
			支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する				○		
			プルボックスの損傷の有無を目視により確認する				○		

【備考】

・臨時点検は7章を参照のこと

【凡例】

○；実施する項目
◎；遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目
※；可能な範囲において行うことが望ましい項目

電気防食装置 通常点検結果記録 (外部電源方式)						No.
[対象構造物/部位] [電気防食方式]		国道〇〇号〇〇線 〇〇橋/主桁・横桁 外部電源方式、〇〇〇〇方式				
点検日	点検者	通電状態		外観目視 (可能な範囲)		備考
		通電の有無	確認方法	電源装置箱体 (付帯装置)	電気防食対象 コンクリート および 陽極システム	
〇〇年 〇月 〇日	〇〇	合・否	表示灯・メーター	良好	良好	(記入例)
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
年 月 日		合・否	表示灯・メーター			
(特記事項)						<p>※通電確認方法は表示灯またはメーターから選択, その他の場合は備考に記入</p> <p>※メーターとは二次側 (出力側) の電流または電圧メーターを指す</p> <p>※付帯装置とは引込計器盤 (積算電力計), 警告灯および避雷器等を指す</p>

電気防食装置 通常点検結果記録 (流電陽極方式)				No.
[対象構造物/部位] [電気防食方式]		国道〇〇号〇〇線 〇〇橋/主桁下フランジ部 流電陽極方式、〇〇〇〇方式		
点検日	点検者	外観目視		備考
		モニタリング装置	電気防食対象 コンクリート および 陽極システム	
〇〇年 〇月 〇日	〇〇	良好	良好	(記入例)
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
年 月 日				
(特記事項)				

No.		電気防食装置 初期 / 中間 / 定期 点検結果記録 (外部電源方式)					年 月 日		
点検場所									
点検日		年 月 日							
点検者		印							
竣工年月日		年 月 日							
対象	項目	方法	点検内容	初期点検	中間点検	定期点検	点検結果に対する判断基準	判定	
直流電源装置 (モニタリング装置)	通電の有無		表示灯 (運転ランプ) の点灯を確認する			○ ◎	表示灯が点灯していること	合・否	
			電流/電圧メーターの稼働を確認する (表示灯がない場合)			○ ◎	電流/電圧メーターが稼働し通電されていること	合・否	
	変状の有無	目視	箱体の塗装, 損傷, さびの有無を確認する	※	※	○ ◎	塗装の剥がれがなく, 損傷, 腐食がないこと	合・否	
			箱体の扉の開閉, 施錠を確認する	※	※	○ ◎	スムーズな開閉が行え, 施錠されていること	合・否	
			配線・端子等の損傷や腐食を調べる	※	※	○ ◎	損傷や腐食がないこと	合・否	
			警告灯, 避雷器, 引込計器盤, 積算電流計等の付帯装置を確認する			○ ◎	損傷や腐食がないこと	合・否	
	稼働状態	試運転	警告灯の稼働を確認する			○ ◎	警告灯が稼働すること	合・否	
			[定電流方式] 電流量を確認する (メーター指示値または計測)	○	○	○ ◎	指示値や計測値にばらつきが無く安定していること 前回測定値と同程度であること	合・否	
	[定電圧方式] 電源電圧を確認する (メーター指示値または計測)	○	○	○ ◎					
	防食状態	計測	鋼材電位値を確認する	○	○	○ ◎	計測値が安定していること	合・否	
			電位変化量を確認する	○	○	○ ◎	水素発生電位より貴であること (-1000mV vs CSE)	合・否	
			照合電極の状態を確認する			○ ◎	所定の電位変化量 (100mV以上) が得られていること	合・否	
			遠隔監視システムとの整合性を確認する			◎	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	合・否	
	防食対象部	変状の有無	目視	電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ, 錆汁の有無を目視により確認する	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 近接	腐食を伴うひび割れ, 錆汁などの変状がないこと	合・否
	陽極システム			陽極システムの変状の有無を目視により確認する (近接目視は打音検査を併用)	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 近接	陽極材, 被覆材 (モルタル等) に浮き, ひび割れ等の変状がないこと	合・否
配管材	配管の損傷の有無を目視により確認する			○ ◎	○ ◎	○ ◎	損傷や劣化, 脱落がないこと	合・否	
	支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する					○ ◎	損傷や劣化, 脱落がないこと	合・否	
	ブルボックスの損傷の有無を目視により確認する					○ ◎	損傷や劣化, 脱落がないこと	合・否	
(特記事項)									
<p style="text-align: right;">【凡例】</p> <p>○ : 実施する項目</p> <p>◎ : 遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目</p> <p>※ : 可能な範囲において行うことが望ましい項目</p>									

No.		電気防食装置 初期 / 中間 / 定期 点検結果記録 (流電陽極方式)					年 月 日	
点検場所								
点検日		年 月 日						
点検者		印						
竣工年月日		年 月 日						
対象	項目	方法	点検内容	初期点検	中間点検	定期点検	点検結果に対する判断基準	判定
モニタリング装置	変状の有無	目視	箱体の塗装, 損傷, さびの有無を確認する	※	※	○ ◎	塗装の剥がれがなく, 損傷, 腐食がないこと	合・否
			箱体の扉の開閉, 施錠を確認する	※	※	○ ◎	スムーズな開閉が行え, 施錠されていること	合・否
			配線・端子等の損傷や腐食を調べる	※	※	○ ◎	損傷や腐食がないこと	合・否
	防食状態	計測	通電電流量を確認する	○	○	○ ◎	計測値にばらつきが無く安定していること	合・否
			鋼材電位値を確認する	○	○	○ ◎	計測値が安定していること	合・否
							水素発生電位より貴であること (-1000mV vs CSE)	合・否
			電位変化量を確認する (復極試験)	○	○	○ ◎	所定の電位変化量 (100mV以上) が得られていること	合・否
	照合電極の状態を確認する			○ ◎	照合電極の値がメーカー保証値の範囲内であること	合・否		
防食対象部	変状の有無	目視	電気防食対象部のコンクリート表面のひび割れ, 錆汁の有無を目視により確認する	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 近接	腐食を伴うひび割れ, 錆汁などの変状がないこと	合・否
陽極システム			電気防食板, 間詰材の変状, 電解質の漏洩の有無を目視により確認する	○ ◎ 遠望	○ ◎ 遠望	○ ◎ 近接	電気防食板, 間詰材に変形や浮き等の変状がないこと 電解質の漏洩がないこと	合・否
配管材			配管の損傷の有無を目視により確認する	○	○	○	損傷や劣化, 脱落がないこと	合・否
			支持具やサドル等の固定状況を目視により確認する			○	損傷や劣化, 脱落がないこと	合・否
			ブルボックスの損傷の有無を目視により確認する			○	損傷や劣化, 脱落がないこと	合・否
(特記事項)								
<p style="text-align: right;">【凡例】</p> <p>○; 実施する項目</p> <p>◎; 遠隔モニタリングシステムを導入している場合でも現地にて行う項目</p> <p>※; 可能な範囲において行うことが望ましい項目</p>								

〇〇橋 電気防食装置 初期／中間／定期 点検結果記録 (外部電源方式)

照合電極：vs〇〇〇

●測定年月日：平成〇〇年〇〇月〇〇日～平成〇〇年〇〇月〇〇日																						
回路 No.	① 防食面積 [m ²]	径間	モエカリソグ [※] No.	タップ [※]	電圧 [V]	判定	② 電流		判定	②÷① 電流密度 [mA/m ²]	判定	オン電位 [mV]	③ インスタン トオフ電位 [mV]	判定	④ オフ電位 [mV]	④-③ 復極量 [mV]	判定					
							電圧[mV]	換算値[A]														
記入例	450	A1-P1	1-1 1-2	※1 2×3	3.50	合	※2 26.7	8.00	合	17.8	合	-525 -576	-514 -553	合	-387 -401	127 152	合					
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
許容範囲													—	≦定格出力	—	>-1000[mV]	—	≧100[mV]				
備考													※1：定電圧方式 (タップ方式) の場合					※2：シャント抵抗による電流計測の場合				

〇〇橋 電気防食装置 初期／中間／定期 点検結果記録 (流電陽極方式)

照合電極：vs〇〇〇

●測定年月日：平成〇〇年〇〇月〇〇日～平成〇〇年〇〇月〇〇日											
回路 No.	① 防食面積 [m ²]	径間	モニタリング No.	② 電流 [A]	②÷① 電流密度 [mA/m ²]	オン電位 [mV]	③ インスタント オフ電位 [mV]	判定	④ オフ電位 [mV]	④-③ 復極量 [mV]	判定
記入例	300	A1-PI	1-1 1-2	3.00	10.0	-525 -576	-514 -553	合 合	-387 -401	127 152	合 合
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
許容範囲							> -1000[mV]		—	≥ 100[mV]	
備考											

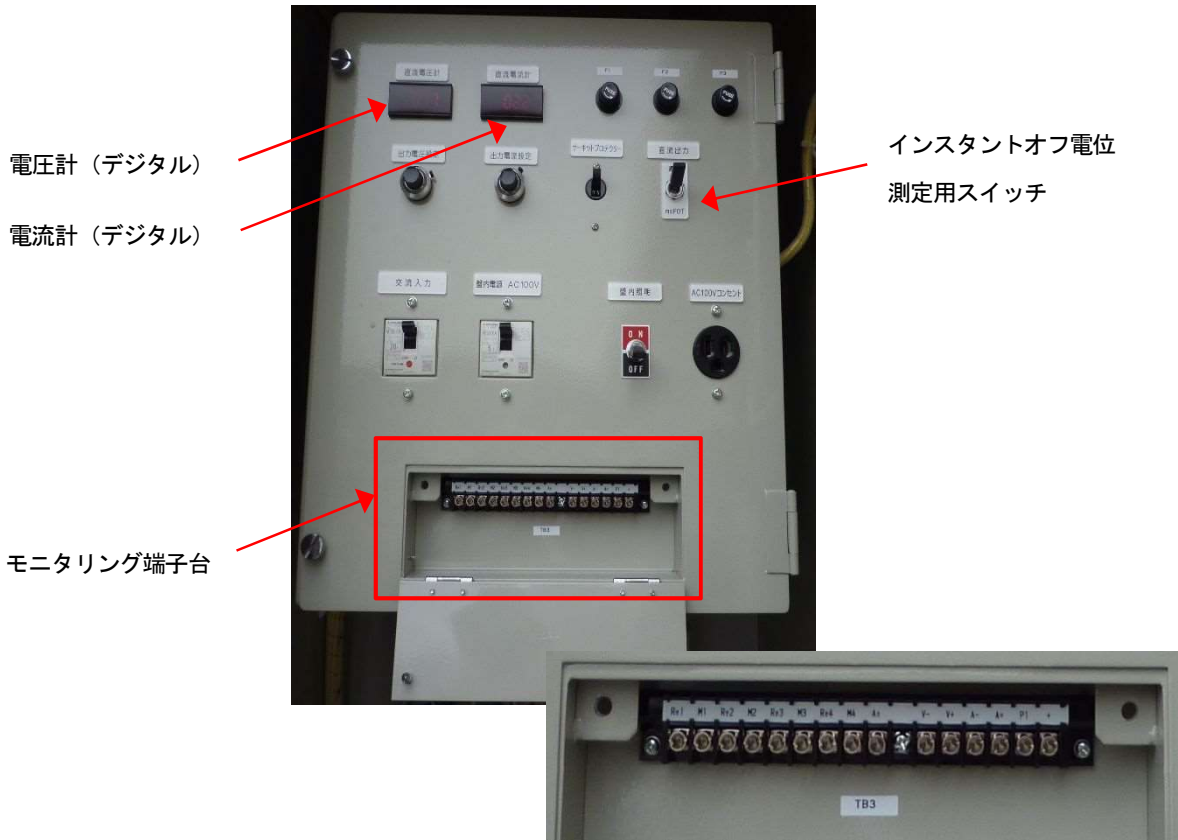
付録-2

直流電源装置での点検要領 (1~4)

流電陽極方式モニタリング装置での点検要領 (5)

「直流電源装置での点検要領(1)」

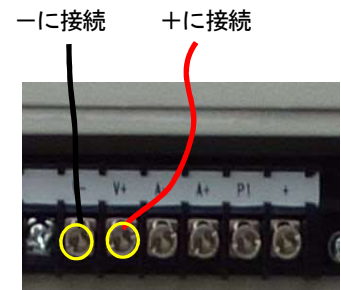
(1) 直流電源装置タイプ A 社 デジタル表示の例



[モニタリング端子台]

①通電電圧の測定 (通電時)

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
 - 2) テスター+側を (V+) 端子に、-側を (V-) 端子に接続する。
 - 3) テスター表示値を読み取り、本体電圧値との整合性を確認する。
- ※テスター：直流電圧計



[通電電圧の測定]

②通電電流の測定 (通電時)

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (A+) 端子に、-側を (A-) 端子に接続する。
- 3) テスター電圧値を読み取り、シャント抵抗による換算を行い電流値を計算する。本体電流値との整合性を確認する。

<測定例>

測定電圧：4.20mV シャント抵抗：15A-50mV

通電電流 = 電圧 / 抵抗 = 4.20mV × 15A / 50mV = 1.26A



[通電電流の測定]

③ オン電位の測定（通電時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) 表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

④ インスタントオフ電位の測定（通電時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) インスタントオフ電位の切替スイッチを切り、通電停止直後の表示値を読み取る。
- 4) 読み取った後は、直ちにスイッチを ON に戻す。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

-に接続 +に接続



[鉄筋電位の測定]

直流出力スイッチオン・オフ



[切替スイッチ]

⑤ オフ電位の測定（電源オフ時）

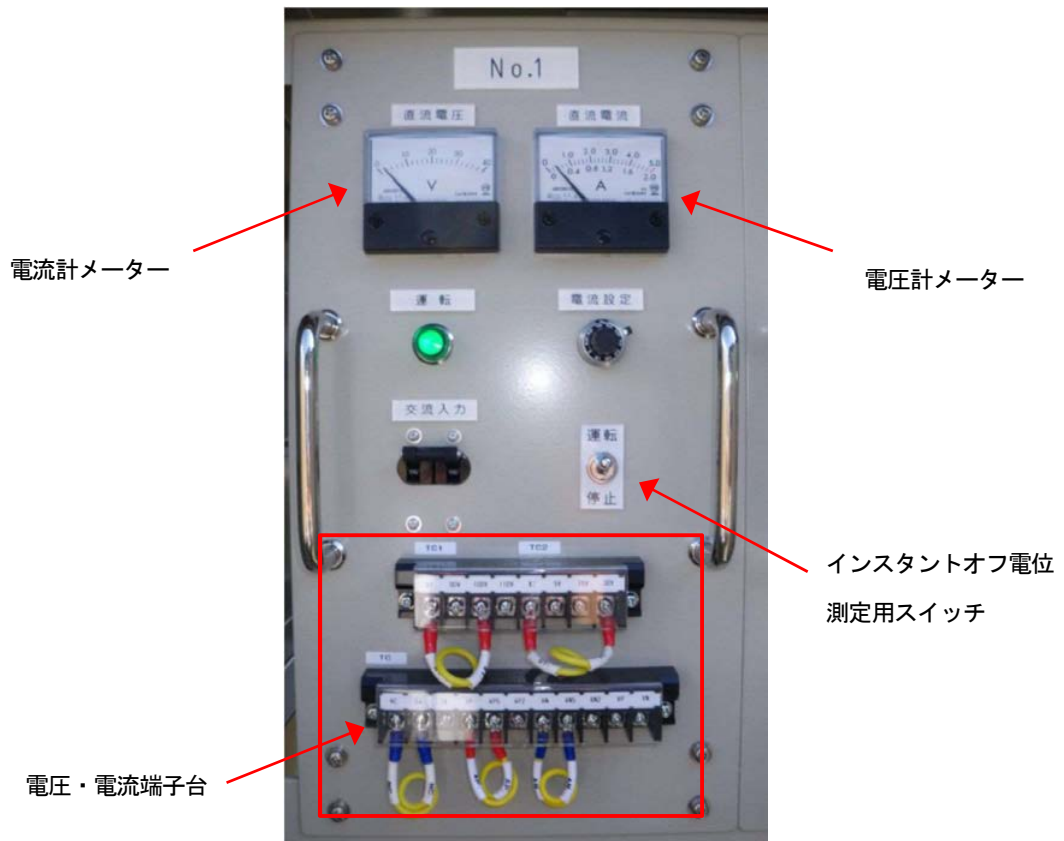
- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) 表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

⑥ 復極量の確認

- 1) インスタントオフ電位とオフ電位の電位差を算出 $E_{io} - E_{on} = \Delta E$ (復極量)
- 2) 復極量 (ΔE) が 100mV 以上であれば防食効果ありと判定する。

「直流電源装置での点検要領(2)」

(2) 直流電源装置タイプ B 社 アナログ表示の例



電流計メーター

電圧計メーター

インスタントオフ電位
測定用スイッチ

電圧・電流端子台

[直流電源装置盤面]



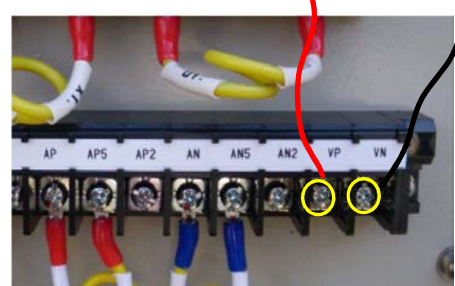
[モニタリング端子台]

①通電電圧の測定 (通電時)

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスター+側を (VP) 端子に、
-側を (VN) 端子に接続する。
- 3) テスター表示値を読み取り、本体電圧値と確認する。

＋に接続

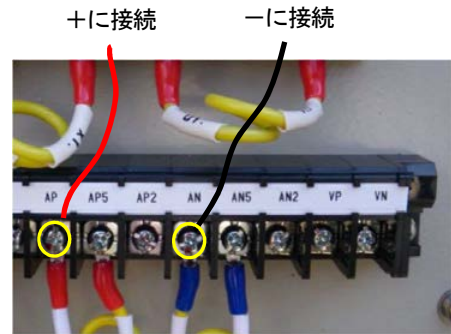
－に接続



[通電電圧の測定]

②通電電流の測定（通電時）

- 1)テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2)+側を (AP) 端子に、
-側を (AN) 端子に接続する。
- 3)テスター表示値を読み取り、シャント抵抗による換算
を行い電流値を計算する。本体電流値と確認する。



[通電電流の測定]

<測定例>

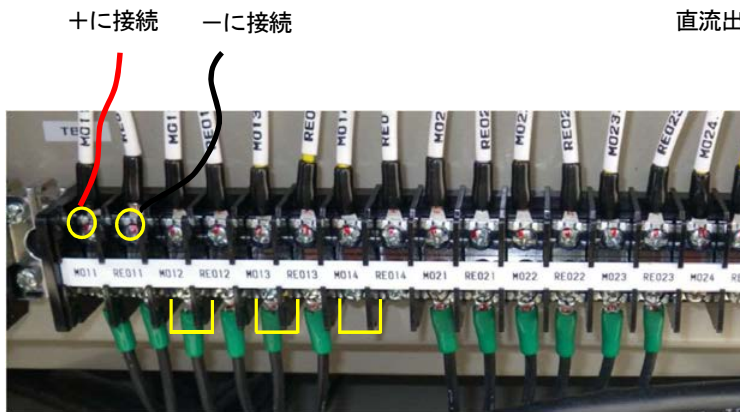
測定電圧：6.40mV シャント抵抗：5A-50mV
通電電流＝電圧／抵抗＝9.00mV×5A／50mV＝0.90A

③オン電位の測定（通電時）

- 1)テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2)テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3)表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

④インスタントオフ電位の測定（通電時）

- 1)テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2)テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3)インスタントオフ電位の切替スイッチを切り、通電停止直後の表示値を読み取る。
- 4)読み取った後は、直ちにスイッチを ON に戻す。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)



[鉄筋電位の測定]

直流出力スイッチオン・オフ



[切替スイッチ]

⑤オフ電位の測定（電源オフ時）

- 1)テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2)テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3)表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

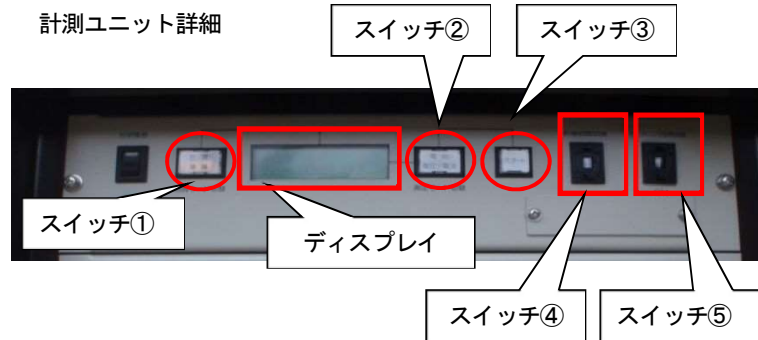
⑥復極量の確認

- 1)インスタントオフ電位とオフ電位の電位差を算出 $E_{io} - E_{on} = \angle E$ (復極量)
- 2)復極量 ($\angle E$) が 100mV 以上であれば防食効果ありと判定する。

「直流電源装置での点検要領(3)」

(3) 直流電源装置タイプ C社 デジタル表示の例 (遠隔モニタリングシステム対応型)

※テスターは使用しない



	スイッチ名称	備考
スイッチ①	制御モード切替スイッチ	「計測」、「遠隔」モード
スイッチ②	測定モード切替スイッチ	「電圧・電流」、「電位」モード
スイッチ③	スタートスイッチ	インスタントオフ電位測定時に使用
スイッチ④	防食回路切替スイッチ	複数回路の場合に使用
スイッチ⑤	モニタリング回路切替スイッチ	Ref.1～Ref.6まで測定可能

①通電電圧、通電電流の測定 (通電時)

- 1)計測ユニットの (スイッチ①) を「計測モード」にする。
(スイッチを押す毎に「遠隔モード」, 「計測モード」に切り替わる。)
- 2)計測ユニットの (スイッチ②) を「電圧・電流モード」にする。
(スイッチを押す毎に「電圧・電流」「電位」に切り替わる。)
- 3)ディスプレイの表示値を読み取る。



[通電電圧・電流表示値]

② オン電位、インスタントオフ電位の測定（通電時）

- 1) 計測ユニットの (スイッチ①) を「計測モード」にする。
- 2) 計測ユニットの (スイッチ②) を「電位モード」にする。
- 3) 計測ユニットの (スイッチ⑤) を、測定する Ref ナンバーに設定する。
(Ref.1 の場合は、数字を「1」にする。)
- 4) 計測ユニットの (スイッチ③) を 1 秒程度押す。
- 5) ディスプレイの表示値を読み取る。



[鉄筋電位表示値]

③ オフ電位の測定（電源オフ時）

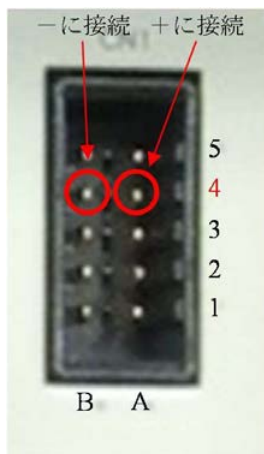
- 1) 直流電源ユニットの電源を OFF にする。
- 2) 計測ユニットの (スイッチ①) を「計測モード」にする。
- 3) 計測ユニットの (スイッチ②) を「電位モード」にする。
- 4) 計測ユニットの (スイッチ⑤) を測定する Ref ナンバーに設定する。
- 5) ディスプレイの表示値を読み取る。

④ 復極量の確認

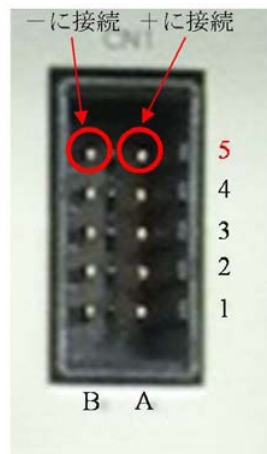
- 1) インスタントオフ電位とオフ電位の電位差を算出 $E_{io} - E_{on} = \Delta E$ (復極量)
- 2) 復極量 (ΔE) が 100mV 以上であれば防食効果ありと判定する。

「直流電源装置での点検要領(4)」

(4) 直流電源装置タイプ D社 デジタル表示の例



[通電電圧の測定]



[通電電流の測定]



[コネクターに端子が付いている例]

①通電電圧の測定 (通電時)

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスター+側を (4A) 端子に、-側を (4B) 端子に接続する。
- 3) テスター表示値を読み取り、本体電圧値との整合性を確認する。

※コネクター端子に警報用パトライトなどが付いている場合、点検前に端子を外すために警報信号がでることを周知して端子を外すこと。

②通電電流の測定（通電時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (5A) 端子に、一側を (5B) 端子に接続する。
- 3) テスター電圧値を読み取り、下記例に従って換算を行い電流値を計算する。本体電流値との整合性を確認する。

<測定例>

測定電圧：4.20mV ⇒ 通電電流：4.20mA

③オン電位の測定（通電時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、一側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) 表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

④インスタントオフ電位の測定（通電時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
 - 2) テスターの+側を (M1) 端子に、一側を (Re1) 端子に接続する。
 - 3) インスタントオフ電位の切替えスイッチを切り、通電停止直後の表示値を読み取る。
 - 4) 読み取った後は、直ちにスイッチを ON に戻す。
- ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)。



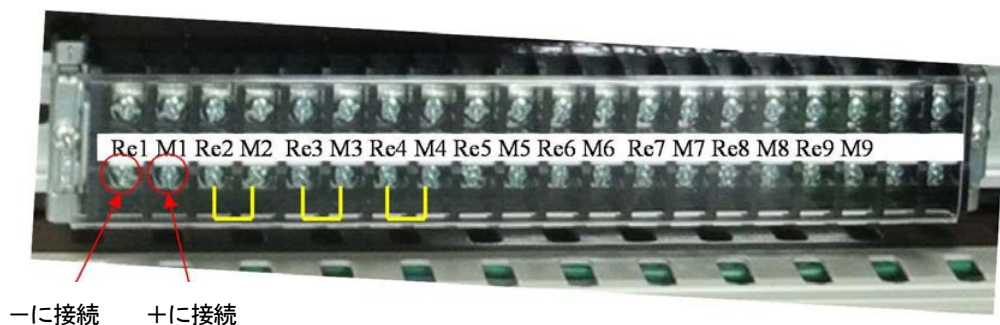
[④切換えスイッチ]

⑤オフ電位の測定（電源オフ時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、一側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) 表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

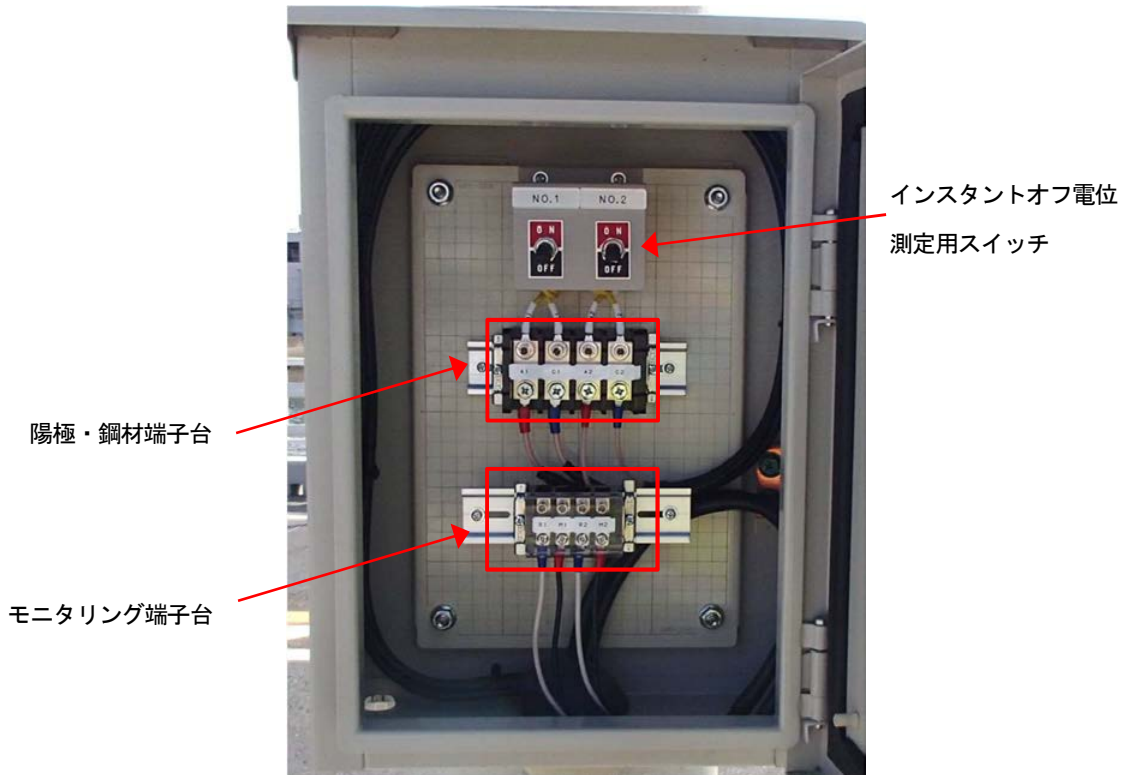
⑥復極量の確認

- 1) インスタントオフ電位とオフ電位の電位差を算出 $E_{io} - E_{on} = \Delta E$ (復極量)
- 2) 復極量 (ΔE) が 100mV 以上であれば防食効果ありと判定する。



[③④⑤鉄筋電位の測定]

「流電陽極方式モニタリング装置での点検要領(5)」



[モニタリング装置]

①通電電流の測定 (通電時)

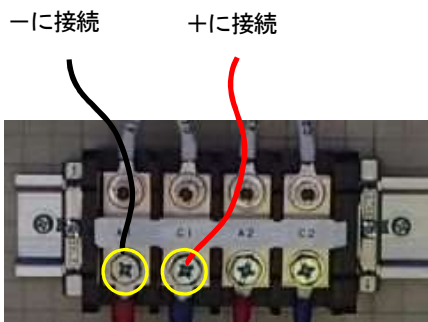
- 1)無抵抗電流計のスイッチを入れる。
- 2)無抵抗電流計の+側を (A+) 端子に、
-側を (A-) 端子に接続する。
- 3)インスタントオフ電位の切替スイッチを
下に切り替え、無抵抗電流計にバイパスさせる。
- 4)電流値を読み取る。

切替スイッチ

下に切替える



[通電電流の測定]



[通電電流の測定]

-に接続

+に接続



[無抵抗電流計]

② オン電位の測定（通電時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) 表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

③ インスタントオフ電位の測定（通電時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) インスタントオフ電位の切替スイッチを切り、通電停止直後の表示値を読み取る。
- 4) 読み取った後は、直ちにスイッチを ON に戻す。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)



④ オフ電位の測定（電源オフ時）

- 1) テスターの電源を入れ、直流電圧モードにする。
- 2) テスターの+側を (M1) 端子に、-側を (Re1) 端子に接続する。
- 3) 表示された電圧値を読み取る。 ※照合電極分を繰り返す (Re2、Re3・・・)

⑤ 復極量の確認

- 1) インスタントオフ電位とオフ電位の電位差を算出 $E_{io} - E_{on} = \Delta E$ (復極量)
- 2) 復極量 (ΔE) が 100mV 以上であれば防食効果ありと判定する。

付録-3

分極量試験要領（記録用紙例）

「分極量（通電）試験要領（参考）」

① 自然電位の測定

防食電流を流す前の鋼材の電位で、コンクリート中に埋設した照合電極を用いて高入力抵抗（ $100\text{M}\Omega$ 以上）の直流電圧計で測定する。

② 防食電流の供給

電源装置より、各回路においてコンクリート面積当たりに必要な電流密度にて、防食電流を流す。小さな電流密度から順次増加させていく。（例：1,3,5,7,10,15,20,25,30mA/m²）

③ 防食電流の維持

設定した電流密度で3～20分間維持する。

④ 通電時の電位（Eon）の測定

所定の時間が経過した後、埋設した照合電極により、通電時の鋼材の電位を測定する。この測定値にはIR降下による誤差が含まれている。

⑤ 通電停止直後の電位（インスタントオフ電位，Eio）の測定

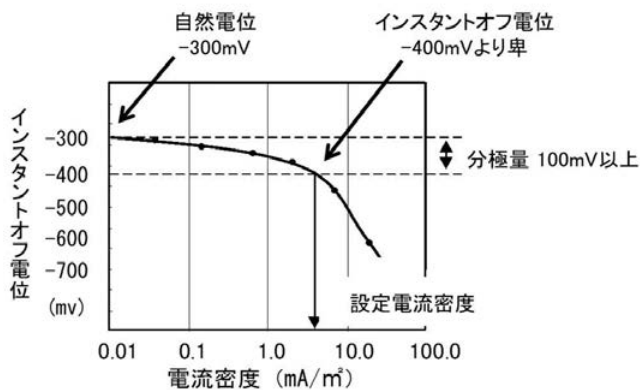
防食回路に通電中の電流を停止した直後の鋼材の電位で、この電位はIR降下を除いた真の電位に近い値である。同一回路で複数の位置を測定する場合は、③に戻りEio測定前のEonに近い値になるのを待ち測定する。

⑥ 電流密度の増加

電流密度を増加させ、Eon、Eioの測定を繰り返す。

⑦ 防食電流密度の決定

①～⑥により得られたデータを電流密度と通電停止直後の電位（Eio）との関係を、片対数方眼紙の対数軸が電流密度となるようにしてグラフを作成する。得られた図から、防食基準を満足する電位変化量に対応する電流密度を求める。



分極量試験の概念図・測定状況

⑧ 通電開始

⑦で求めた防食電流密度で通電を開始する。

⑨ 通電量による電位変化量の確認

⑧で設定した通電量による電位変化量を確認する。この電位変化量は、分極量あるいは復極量のいずれを用いてもよい。復極量とは、設定電流量を通電した後の電位（インスタントオフ電位）と通電を遮断後に十分復極した時点での電位（オフ電位）との差である。

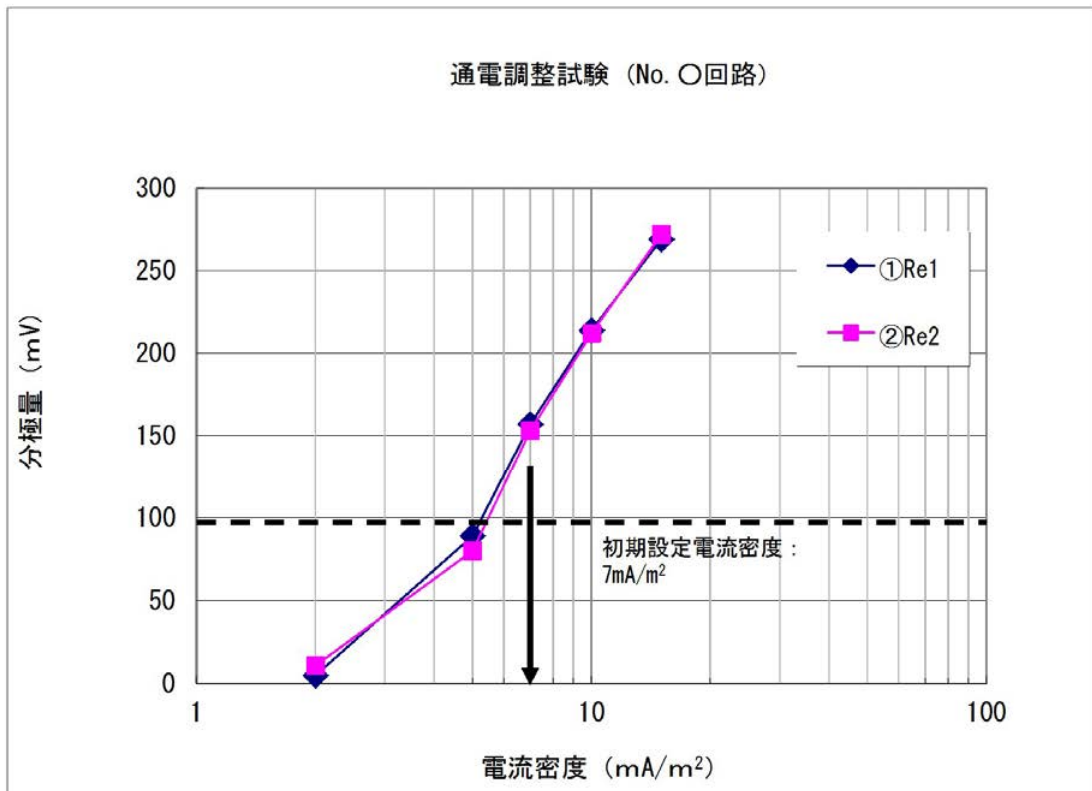
分極量（通電）試験の記録用紙（参考）

測定日：2017年10月3日（火）
 測定者：〇〇〇〇
 測定場所：〇〇〇〇

対象回路：No. 〇 回路
 対象面積 500 m²
 照合電極：二酸化マンガン (MnO₂)

電流密度 (mA/m ²)	通電電流 (A)	通電電圧 (V)	通電電位 (mV) (オポ電位)		電流遮断直後の 鉄筋電位 (mV) (インスタントオポ電位)		分極量 (mV)	
			①Re1	②Re2	①Re1	②Re2	①Re1	②Re2
0	自然電位		—	—	-379	-351	—	—
2	1.00	0.79	-407	-370	-384	-362	5	11
5	2.50	1.70	-483	-462	-468	-431	89	80
7	3.50	2.39	-561	-565	-536	-504	157	153
10	5.00	2.90	-628	-629	-593	-563	214	212
15	7.50	4.03	-701	-720	-648	-623	269	272
20								
25								
30								

分極量 (mV) = 自然電位 (mV) - 防食電流遮断後の鉄筋電位 (mV) ≥ 100mVで防食基準達成
 通電時間目安：10～15分間



付録-4

復極量試験要領（記録用紙例）

「復極量試験要領（参考）」

① オン電位 (Eon) の測定

継続的に通電しているオン電位 (Eon) の測定する。

② インスタントオフ電位 (Eio) の測定

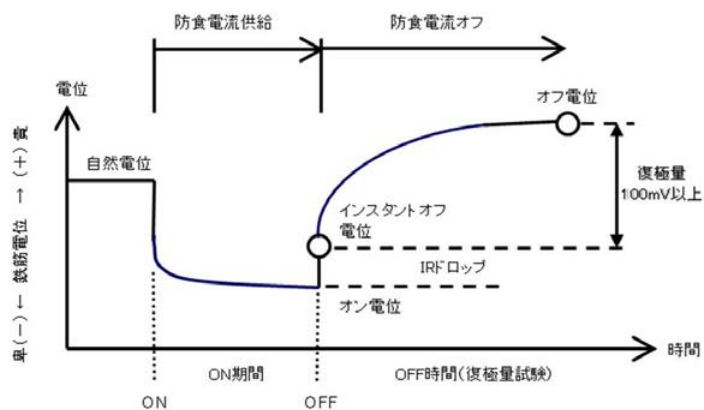
防食電流を遮断した直後のインスタントオフ電位 (Eio) を測定する。測定される値は電圧降下 (IR ドロップ) による誤差を含まない。

③ オフ電位 (Eoff) の測定

防食電流を遮断し、十分に復極した後の鋼材電位 (Eoff) を測定する。その電位は、その時点のコンクリート環境および鋼材表面の状態に応じた値を指す。オフ電位の測定は電流停止 24 時間後の測定が一般的とされているが、湿潤環境や表面被覆が有る場合は復極反応に必要な酸素の供給速度が遅れる場合があり、必要に応じて測定時間を延長する場合もある。(復極遅れ)

④ 復極量の算定

測定された Eio と Eoff の差を復極量として算定する。



復極量試験の概念図・測定状況

<復極量試験計算例>

① インスタントオフ電位 (Eio) = -400mV

② オフ電位 (Eoff) = -250mV

③ 復極量 = -250mV - (-400mV) = 150mV ≥ 100mV …… 合格

復極化試験の記録用紙 (参考)

電気防食装置点検結果表

測定電位 : vsMnO₂

●測定年月日 : 平成○○年○○月○○日 ~ 平成○○年○○月○○日																	
回路 №	① 防食面積 [m ²]	モニタリング No.	タップ	電圧 [V]	判定	②		判定	②÷① 電流密度 [mA/m ²]	判定	ON電位 [mV]	③ Ins.OFF電位 [mV]	判定	④ OFF電位 [mV]	④-③ 復極量 [mV]	判定	
						電圧[mV]	電流[A]										
1	497	1RE1	1 × 5	2.75	良	6.36	2.54	良	5.11	良	-464	-430	良	-255	175	良	
		1RE2															-432
2	497	2RE1	2 × 1	4.73	良	12.55	5.02	良	10.10	良	-364	-355	良	-245	110	良	
		2RE2															-878
3	497	3RE1	1 × 6	3.76	良	8.35	3.34	良	6.72	良	-444	-423	良	-265	158	良	
		3RE2															-377
4	497	4RE1	2 × 1	4.81	良	10.62	4.25	良	8.55	良	-403	-381	良	-256	125	良	
		4RE2															-517
5	497	5RE1	1 × 6	3.87	良	7.66	3.06	良	6.16	良	-364	-356	良	-235	121	良	
		5RE2															-631
6	497	6RE1	2 × 3	6.99	良	13.54	5.42	良	10.91	良	-319	-306	良	-201	105	良	
		6RE2															-724
7	497	7RE1	2 × 3	7.08	良	12.33	4.93	良	9.92	良	-319	-303	良	-198	105	良	
		7RE2															-350
8	497	8RE1	2 × 1	4.99	良	7.90	3.16	良	6.36	良	-397	-387	良	-258	129	良	
		8RE2															-320
許容範囲											> -1086[mV]	—	≥ 100[mV]				
備考	●点検後、タップの調整は行わず、現状のままとした。 ・交流入力受電タップ : 点灯 ・運転ランプ : 点灯 ・運転ランプ(№1~№8) : 点灯 ・防食判定基準 : ∠E (復極量) = (OFF電位) - (Ins.OFF電位) ≥ 100[mV] ただし、Ins.OFF電位 (vs二酸化マンガン照合電極) > -1086[mV] ・竣工年月日 : 平成○○年○○月○○日 ・電圧測定用分流器 : 50[mV] - 20[A]のシャント抵抗																

付録-5

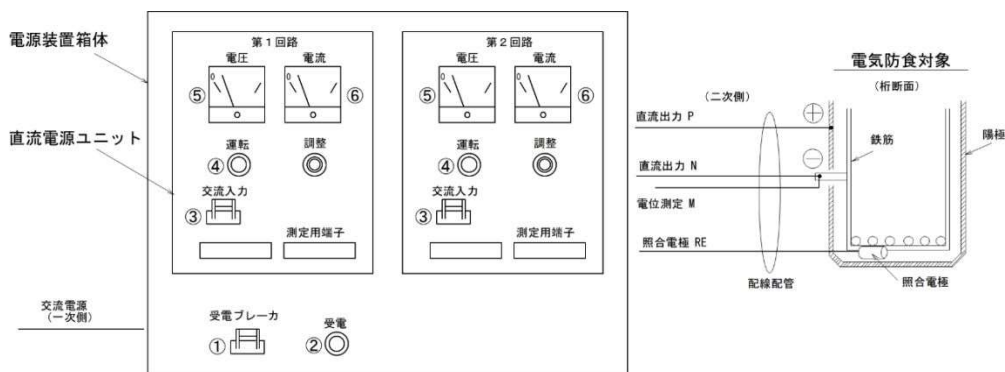
点検時の主な事象に対する対策例

「直流電源装置の主な事象に対する対策例」

直流電源装置の主な事象に対する、推定される原因と対策例を以下に示す。

番号	名称	機能	事象	推定される原因	対策例
①	交流ブレーカ	・交流（一次側）電源の入り切り ・過電流が流れると自動的に切れる	・切れている	・過電流が流れた ・入れ忘れ	・絶縁保護をして入れてみる ・すぐに切れるようであれば専門業者に連絡する ・切れなければ良好
②	受電灯	・受電状態で点灯	・消灯	・①が切れている。 ・停電 ・ランプ切れ	・①を入れる ・他の表示灯も消灯していれば停電なので交流電源の状態を調べる ・他の表示灯が点灯していればランプ切れなので新品と交換する
③	交流入力	・直流電源の入り切り	・切れている	・①が切れている ・二次側でショートなどの過電流が流れた ・入れ忘れ	・①を入れる ・絶縁保護をして入れてみる ・すぐに切れるようであれば専門業者に連絡する ・切れなければ良好
④	運転灯	・直流電源の入り切り	・消灯	・①か③が切れている ・ランプ切れ	・①か③を入れる ・他の表示灯が点灯していればランプ切れなので新品と交換する
⑤	電圧計	・直流出力の電圧表示	・表示がゼロに近い ・⑥の表示がゼロに近いのに⑤の表示が最大に近い	・⑤の故障 ・二次側の配線に異常がある	・③を切って、専門業者に連絡する
⑥	電流計	・直流出力の電流表示	・表示がゼロに近い	・⑥の故障 ・二次側の配線に異常がある	・③を切って、専門業者に連絡する

※番号は下記の直流電源装置内の各装置を指す



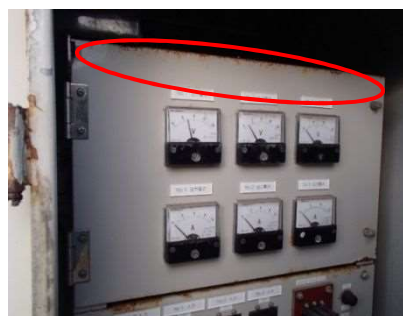
直流電源装置概要図

「直流電源装置箱体の主な事象に対する対策例」

直流電源装置箱体の主な事象に対する、推定される原因と対策例を以下に示す。

番号	点検項目	事象	対策
①	・装置の稼働状態の確認	・表示灯が切れている ・表示灯カバーが劣化または損傷している	<定期点検時に対応> ・電源の確認 ・ヒューズ等の交換 ・カバーの交換
②	・箱体の損傷、発錆	・損傷、腐食が進行している ・ヒンジ部、パッキンに劣化がみられる	<定期点検時に対応> ・補修塗料で補修 ・装置の稼働に支障をきたす場合は修理する ・新規交換
③	・装置内配線および端子	・配線の劣化がある ・端子台や基盤に損傷、腐食がみられる	<定期点検時に対応> ・損傷部品の取替
④	・通電電流、電圧	・異常値を示している ・数値が安定していない ・竣工時あるいは前回点検時と比較	<定期点検時に対応> ・電流調整 ・メーター表示値と計測器での値との比較
⑤	・避雷器	・損傷、劣化がみられる ・避雷器が異常を示している	<詳細点検による> ・新品と交換

参考写真



塗装劣化、腐食部のタッチアップ



ゴムパッキンの交換



腐食した端子の交換

「陽極システム・配管材の主な事象に対する対策例」

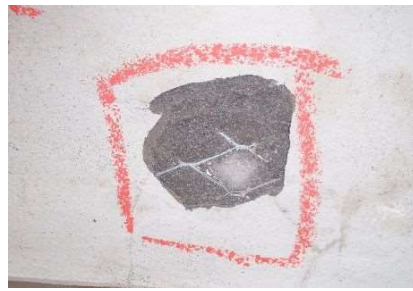
陽極システム・配管材の主な事象に対する、推定される原因と対策例を以下に示す。

番号	点検項目	事象	対策
① 陽極システム	・防食対象表面	<ul style="list-style-type: none"> ・陽極材に変状がみられる ・被覆モルタルに浮きや剥離がある ・躯体にひび割れや錆汁がある 	<定期点検時に対応> ・打音調査 ・損傷部の軽微な補修 <詳細調査による> ・防食効果確認 ・分配電流確認 ・発生電流確認 (流電陽極方式)
② 配管材	・配線, 配管材, ボックスの損傷	<ul style="list-style-type: none"> ・損傷や劣化がある ・配管材支持具やサドル等の固定材の脱落がある 	<定期点検時に対応> ・損傷部の軽微な補修 ・材料の新規交換

参考写真



脱落部の補修, 割れた配管材の交換



被覆モルタルの補修

「防食効果測定等の主な事象に対する対策例」

防食効果測定等の主な事象に対する，推定される原因と対策例を下表に示す。

番号	点検項目	事象	対策
①	・鋼材電位（埋設照合電極）	・数値が安定していない ・PC橋の場合、水素発生電位より卑である ・電源オン時に電位値が卑側に、オフ時に貴側に变化しない	＜点検時に対応＞ ・通電電流量の増減 ＜詳細調査による＞ ・配線ルートの調査 ・照合電極の調査 ・表面電位との比較
②	・復極量試験	・電位変化量が 100mV に達しない	＜点検時に対応＞ ・通電電流量の増減 ・測定時間の延長 ・最貴値オフ電位との比較 ・照合電極埋設部の環境確認 ＜詳細調査による＞ ・陽極システムの詳細調査 ・照合電極の調査
③	・電源電圧 通電電流	・電源電圧の上昇または減少 ・通電電流の上昇または減少	＜詳細調査による＞ ・配線接点の調査 ・陽極材の調査 ・分配電流調査 ・直流電源装置の調査

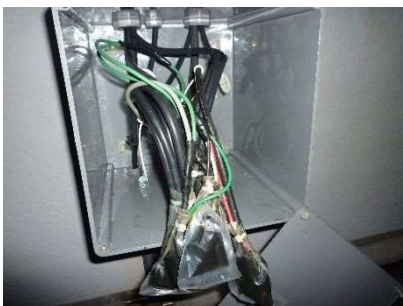
参考写真



鋼材電位の確認



表面電位の計測



プルボックス内結線部の確認



分配電流の確認

付録-6

(電気防食適用橋梁調査事例)
電気防食システムの変状事例

調査事例-1 「電気防食システムの変状事例」

(1) 直流電源装置の劣化, 変状



写真 1.1 箱体塗装の剥がれ



写真 1.2 箱体外部の腐食



写真 1.3 箱体内部の腐食



写真 1.4 受電/運転ランプの色褪せ



写真 1.5 ゴムパッキンの劣化



写真 1.6 端子の劣化・腐食

(2) 配管材の劣化, 変状



写真 1.7 配管材の割れ



写真 1.8 固定ビスの抜け落ち



写真 1.9 配管固定金具からの錆汁



(3) 陽極システムの劣化, 変状



写真 1.10 被覆モルタルからの錆汁
(チタンリボンメッシュ方式)



写真 1.11 陽極材の露出
(縦入れチタンリボンメッシュ方式)



写真 1.12 被覆モルタルの剥落
(チタンメッシュ方式)



写真 1.13 防食板の変形
(流電陽極方式：垂鉛シート方式)

(4) 躯体コンクリートの劣化, 変状



写真 1.14 コンクリートの剥落
(チタンロッド方式)

付録-7

(電気防食適用橋梁調査事例)
干満部回路のある復極量試験事例

調査事例-2 「干満部回路での復極量試験事例」

橋梁調査C橋での事例

C橋は九州地方の海岸線に位置する橋梁である。主桁、床版、橋脚に外部電源方式の線状陽極方式による電気防食が適用されているが、24時間での復極量試験を行った結果、気中部回路（No.1～3回路）は判定基準である100mVは得られていたが、橋脚干満部（No.4回路）は100mVを満足していなかった。

一般的に復極量試験は、電流遮断24時間後の測定が一般的とされているが、干満部は湿潤環境にあるため復極反応に必要な酸素の供給が少なく時間を要するものと判断し44時間後まで延長して測定を行った結果、干満部回路のほか大気部回路においても復極量の増加が確認された。（全体平均23mVの増加）

干満部はコンクリート中が湿潤状態となるため卑な鋼材電位を示し、所定の電位変化量の確保が困難となる場合もある。その場合、測定時間を延長することで復極量が増加し、防食基準を達成する場合もある。また、照合電極設置当初からの最貴値オフ電位との比較を行うことで評価、検討する場合もある。

むやみに電流を増加することは防食システムへの負荷となり、陽極材やモルタル等の早期劣化にも繋がるため、防食電流の調整は環境条件を考慮したうえで行わなければならない。

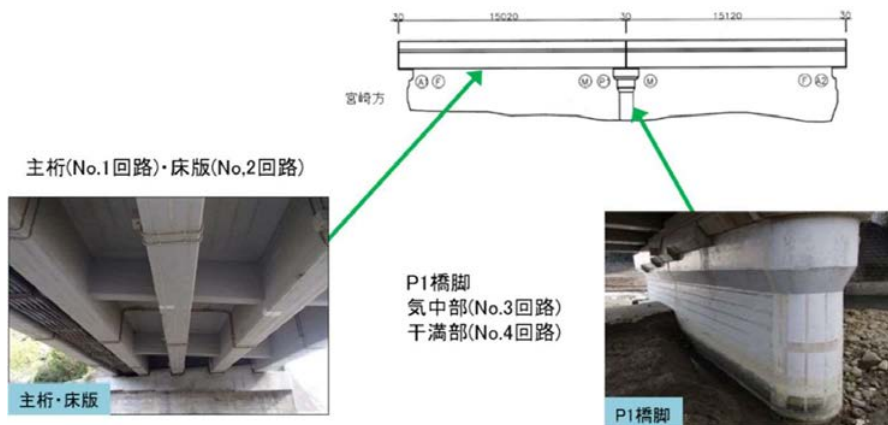


図 2.1 C橋電気防食回路の概要

表 2.1 復極量試験結果

測定電位：vs MnO₂

回路	番号	通電時		24時間後		44時間後		
		ON 電位 (mV)	IO 電位 (mV)	OFF 電位 (mV)	復極量 (mV)	OFF 電位 (mV)	復極量 (mV)	24時間との増加分
		①	②	③	③-②=④	⑤	⑤-②=⑥	⑥-②
No.1 主桁	R1-1	-542	-456	-276	180	-250	206	26
	R1-3	-525	-356	-249	107	-238	118	11
	R2-1	-670	-395	-258	137	-214	181	44
	R2-3	-593	-475	-337	138	-310	165	27
No.2 床版	R1-2	-584	-433	-259	174	-236	197	23
	R2-2	-465	-375	-223	152	-197	178	26
No.3 気中	R3-1	-507	-452	-327	125	-312	140	15
	R3-2	-702	-500	-332	168	-303	197	29
No.4 干満	R4-1	-829	-815	-746	69	-723	92	23
		当初の自然電位				-583	232	-----
	R4-2	-818	-813	-776	37	-754	59	22
		当初の自然電位				-494	319	-----

付録-8

(電気防食適用橋梁調査事例)

陽極被覆モルタル浮き部での防食効果確認

調査事例-3 「陽極被覆モルタル浮き部での防食効果確認事例」

橋梁調査B橋での事例

B橋は北陸地方の海岸線に位置する橋梁である。概略調査よりチタングリッド方式において陽極被覆モルタルの一部に約 40cm の浮きが確認されたため、浮き部周囲の表面電位計測により、防食効果の確認を行ったものである。

3.1 調査概要

チタングリッド方式のモルタル浮き部について調査を行うため、高所作業車により近接して打音調査を行い浮き部の範囲を特定した。コンクリートカッターで浮き部の溝外周を 5mm 程度の深さで切断し、陽極の損傷のないように周囲のモルタルを撤去した。

モルタル撤去後を写真 3.2 に示す。チタングリッド陽極は二枚重ねで設置されており、コンクリート側の陽極メッシュ内にモルタル充填不足と思われる範囲が確認された。

チタングリッド陽極の復旧は、陽極同士をスポット溶接によりつなぎ合わせ、樹脂ピンで陽極を固定後、実績のあるモルタル材を 1 層 10mm 程度で充填した。材齢 28 日後以降の調査においてモルタル材に浮き等はなく健全であることを確認した。

各作業段階での表面電位計測結果を「表 3.1 各状態における表面電位計測結果」に記載する。



写真 3.1 被覆モルタル浮き部



写真 3.2 陽極材確認 (2枚重ね)



写真 3.3 表面電位計測状況



写真 3.4 モルタル被覆完了

3.2 調査内容

モルタルの浮き部を中心に 100×100mm メッシュにてマーキングを行い、外部照合電極（鉛照合電極）を用いて表面電位の計測を行った。計測時系列と陽極の状態一覧表を表 3.1 に示す。

表3.1 各状態における表面電位計測結果

番号	計測日時	陽極状態	計測項目	計測	電位変化量 (平均)
①	2/14 9:10	モルタルが浮いている状態 (既設モルタル除去前)		オン電位 インスタント オフ電位	—
②	2/14 10:15	モルタルが浮いている状態 (既設モルタル除去前)		① オフ 1 時間後 オフ電位	復極量 147mV
③	2/14 13:57	モルタルの剥落の状態 (新規陽極ピン固定) (モルタル充填前)		② 通電 1 時間後 インスタント オフ電位	分極量 225mV
④	2/15 14:57	モルタル充填初期の状態 (モルタル充填 24 時間後)		② 通電 24 時間後 インスタント オフ電位	分極量 419mV
⑤	3/17 14:20	モルタルが安定した状態 (モルタル材齢 28 日以降)		インスタント オフ電位	—
⑥	3/17 15:20	モルタルが安定した状態 (モルタル材齢 28 日以降)		⑤ 通電 1 時間後 オン電位	復極量 175mV

① モルタル浮き状態での復極量確認（オフ1時間後）

電源オン状態で陽極周囲のオン／インスタントオフ電位を計測後、電源をオフにして1時間後のオフ電位を計測して復極量を求めた。

いずれの測定点においても 100mV 以上（平均 147mV）の電位変化量が確認されており、モルタルが浮いた状態でもある程度は防食電流が流れており分極していたものと考えられる。

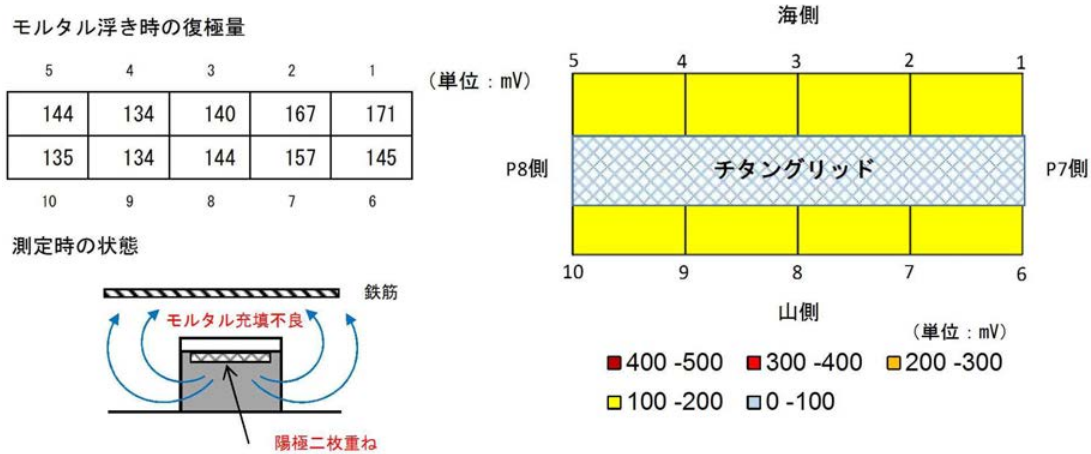


図3.1 OFF1時間後の復極量（分布図）

② 陽極固定のみでの分極量確認（通電1時間後）

モルタルが剥落した状態を再現するため陽極を樹脂ピンで溝内に固定後、電源オン1時間後のオン／インスタントオフ電位を計測しオフ電位からの分極量を確認した。なお、陽極を樹脂ピンで固定しており実際の剥落より付着が高い状態であり予備的な条件である。

いずれの測定点においてもモルタル浮き状態より分極量の増加が確認された（平均 78mV の増加）。ピン固定により陽極と溝内コンクリートの付着面積が増えたためと考えられる。

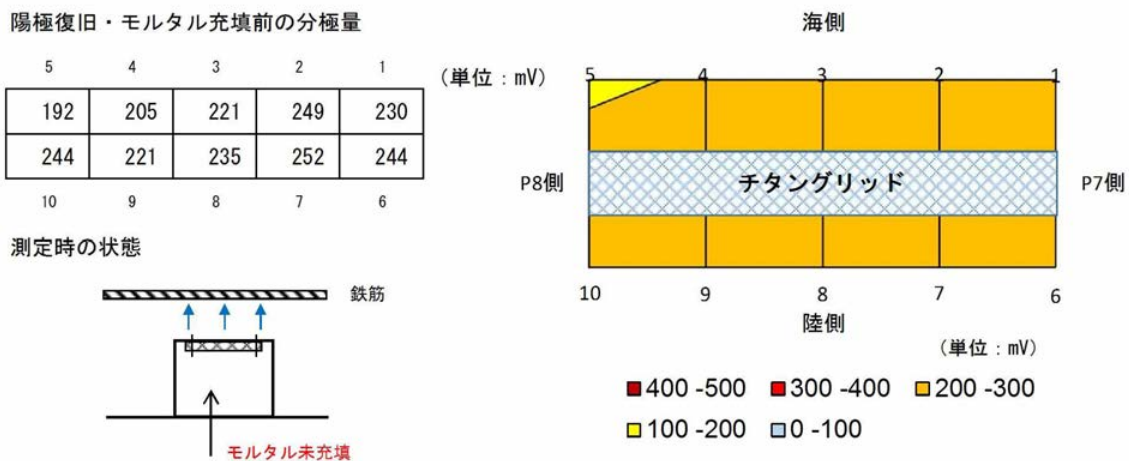


図3.2 通電1時間後の分極量（分布図）

③ モルタル充填後の分極量確認（通電1時間後）

陽極周囲を電気防食用モルタルで充填を行い、24時間後における電源オン1時間後のオン/インスタントオフ電位を計測し、オフ電位からの分極量を確認した。

モルタル充填後の分極量は、ピン固定のみの状態より分極が進んだ（平均194mVの増加）。陽極周囲に水分を多く含んだモルタルが充填されたため、陽極からの防食電流が既設部より流れやすくなり分極が進んだものと考えられる。

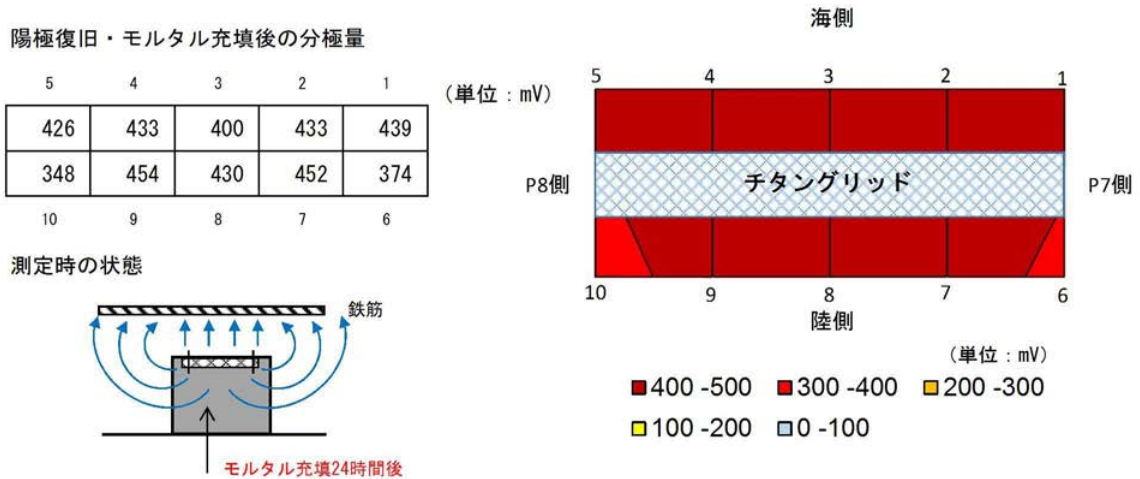


図3.3 通電1時間後の分極量（分布図）

④ インスタントオフ電位の差

モルタル浮き状態でのインスタントオフ電位、充填硬化後のインスタントオフ電位との差を求めた。浮き状態と比較して大幅な分極量の増加がみられた（平均272mVの増加）。

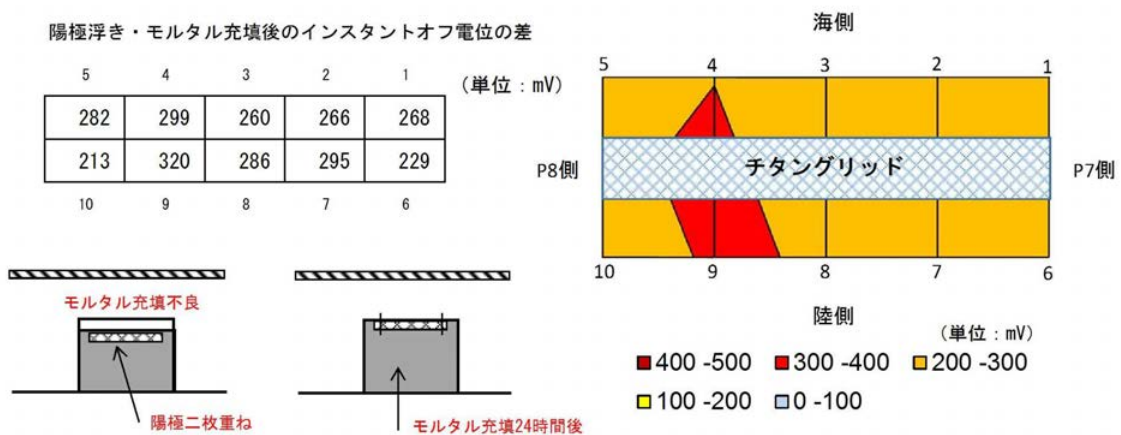


図3.4 インスタントオフ電位差（分布図）

⑤ モルタル材齢 28 日後以降の復極量確認（通電停止 1 時間後）

モルタル材齢 28 日後以降の安定した状態での通電停止 1 時間による復極量を確認した。浮きの状態 ① に比べ 28mV の増加が確認されており、モルタルが充填され電流分布が向上したものと考えられる。

なお、モルタル充填後の材齢 1 日 ④ と比較して電位変化量が低下したことは、水和反応が終わりモルタルの抵抗が増加したためと思われる。

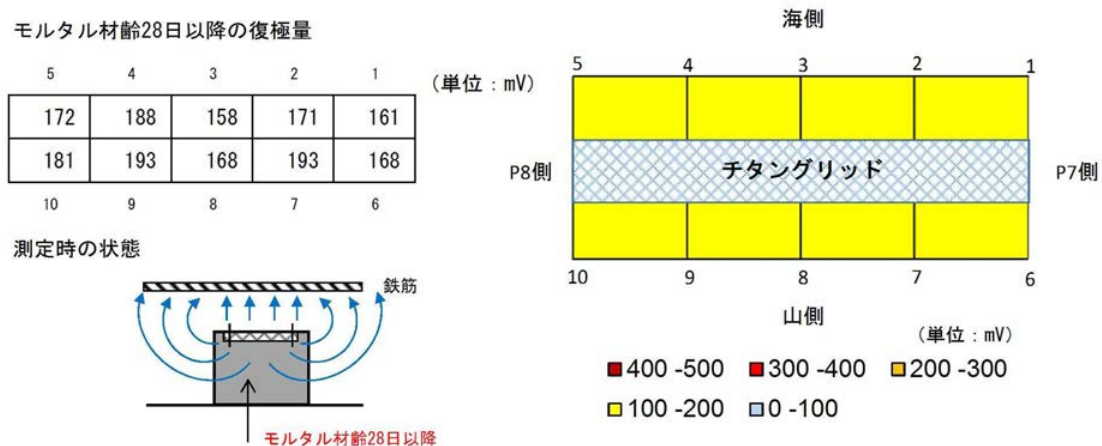


図 3.5 浮き部モルタル材齢 28 日後の通電停止 1 時間後の復極量（分布図）

3.3 考察

線状方式において被覆モルタルの浮きが確認された場合、表面電位の計測により防食効果を確認することで、防食効果の有無を判定できることが確認された。調査結果からの考察を以下に示す。

1)当初のモルタルが浮いた状態からモルタルを除去し、モルタル材の剥落を想定して陽極をピンのみで固定した場合で平均 78mV の増加が確認された。周囲のモルタルの付着面積が増したことで、チタングリッド陽極からの電流が増加したものと考えられる。

今回は浮きの範囲が 40cm 程度であり防食効果への影響は小さいものの、浮きにより電流の供給が損なわれていたものと考えられる。

2)モルタル充填 24 時間後の分極量は平均 419mV であり、材齢 28 日後の 175mV に比べ非常に大きな分極量となった。若材齢時にはモルタル水分量も多く抵抗が低くなるため電流が流れやすくなり、分極量が増大したものと考えられる。モルタルの充填直後および水濡れ時等には正しい評価が得られない場合もあるため、注意しなければならない。

3)モルタルの浮きはコンクリートと陽極界面に隙間が生じている可能性が高く、これを放置した場合、陽極反応によるガスが滞留して範囲が拡大することが懸念されるため、定期点検時に陽極被覆モルタルの目視確認と同時に打音検査を行うことが望ましい。

付録-9

(電気防食適用橋梁調査事例)

モニタリング計測不良の調査事例

調査事例-4 「モニタリング計測不良の調査事例」

橋梁調査B橋での事例

B橋は北陸地方の海岸線に位置する橋梁である。過年度調査よりチタンメッシュ回路において全4個の埋設照合電極のうち1個が計測不能となっていたため、照合電極（鉛照合電極）の健全性について詳細調査を行ったものである。

4.1 調査内容

①測定端子台での測定（通常の測定方法）

直流電源装置測定端子台の測定において、電位差計の表示値が安定せず測定不可であった。

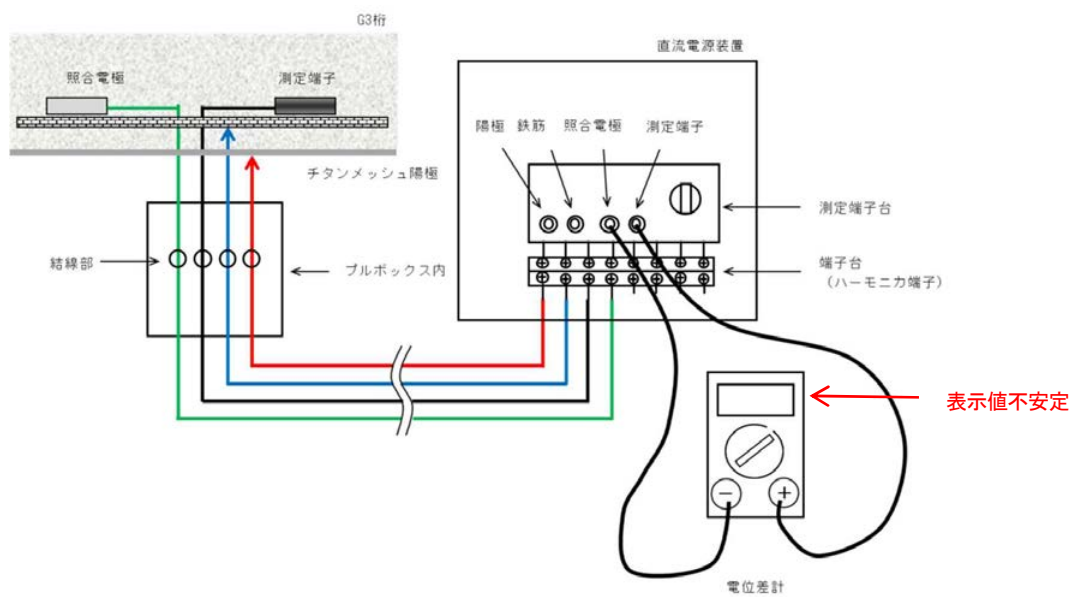


図4.1 測定端子台での測定（通常の測定方法）



写真 4.1 電位値不安定 (17.1mV)



写真 4.2 電位値不安定 (195.7mV)

②照合電極本体ケーブルでの測定

プルボックス内照合電極リード線の結線部を解き、埋設照合電極本体リード線と測定端子（対極）を接続し測定したところ、電位差計の表示値が安定した。

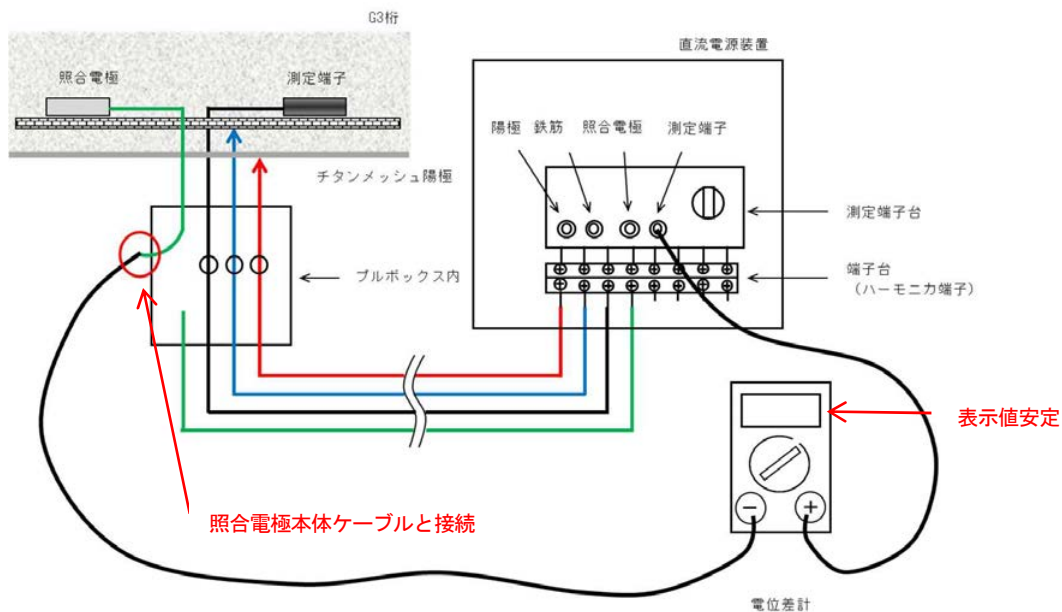


図4.2 照合電極本体ケーブルでの測定



写真 4.3 電位値確認状況



写真 4.4 電位値安定確認 (145.5mV)

③照合電極と結線されていたリード線の確認

プルボックスと直流電源装置間のリード線に問題があると判断し、リード線端部と計測端子間の導通調査を行った結果、電位値が不安定であった。ハーモニカ端子部を調査したところ、照合電極リード線を固定しているビスに緩みがあることが確認された。

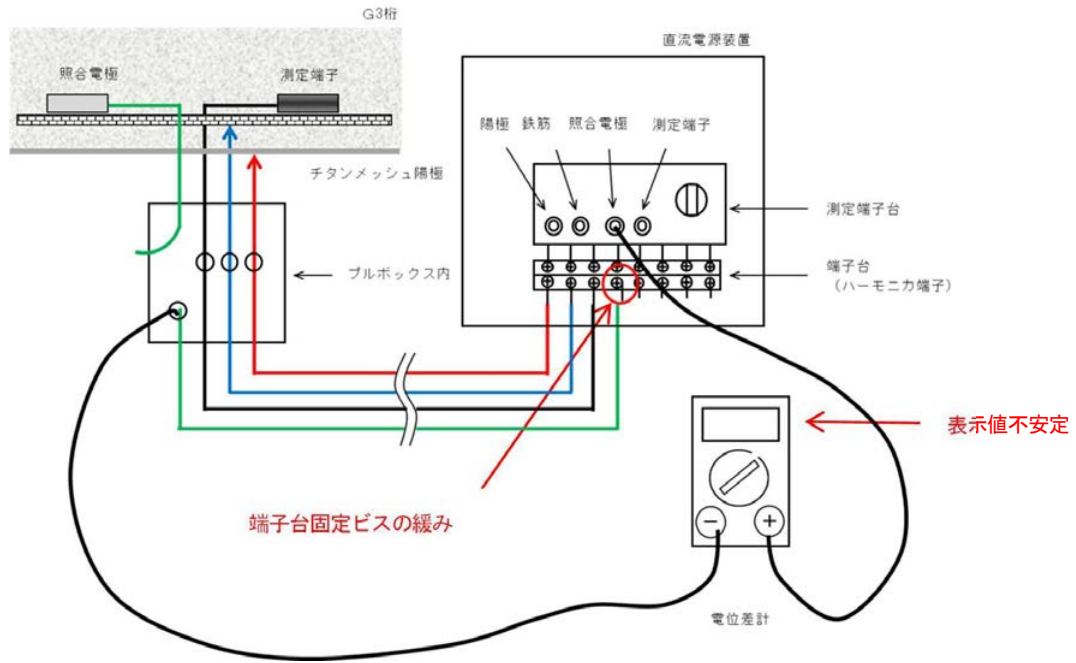


図4.3 照合電極と結線されていたリード線の確認

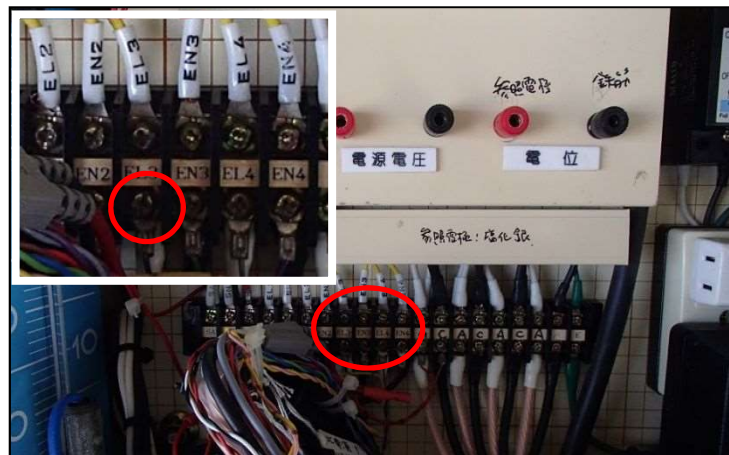


写真 4.5 ハーモニカ端子リード線固定部

④復旧後の確認（通常の測定方法）

ハーモニカ端子の固定ビスを締め直し、プルボックス内結線部の復旧を行った結果、安定した電位表示値が得られたため、照合電極の本体は健全であることが確認された。

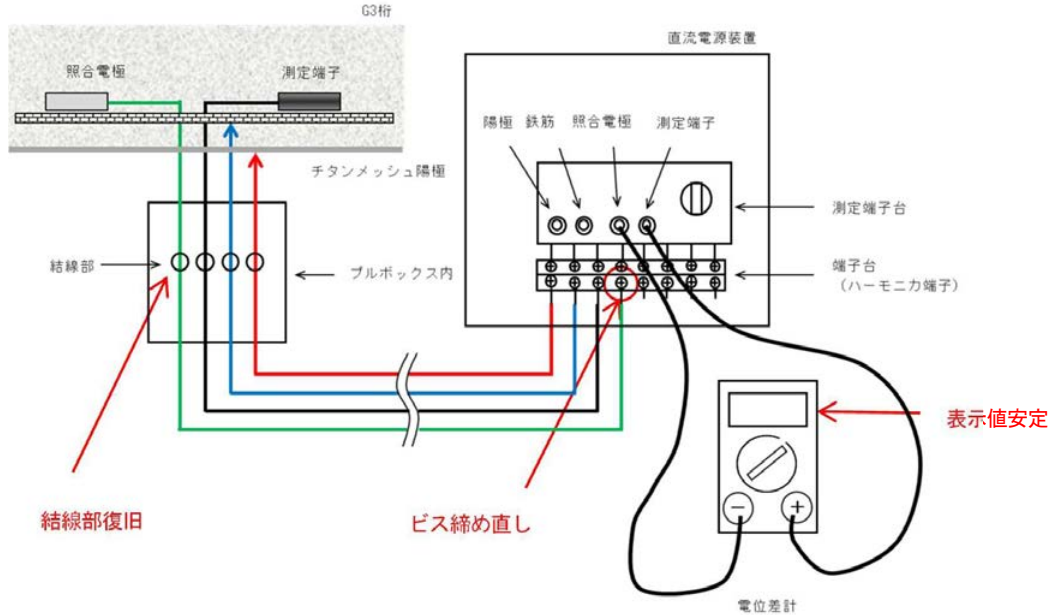


図4.4 復旧後の確認（通常の測定方法）

4.2 考察

今回のような照合電極の電位表示値が不安定であることが確認された場合、照合電極本体の不良と断定する前に、ケーブル類および結線部等の電流経路の確認を行うことが望ましい。

確認事項（手順）

- ①電位差計のケーブルが測定端子に確実に接続されていることを確認
→確実に接続されていない場合、電位値が不安定となる
- ②リード線の結線部、端子接続箇所等の固定状況、結線部被覆の状態を確認
→結線部や接続部に欠陥がある場合、電位値が不安定となる
- ③照合電極本体リード線との結線部を解体し、延長リード線の導通を確認
→リード線に損傷等や接点不良がある場合、ノイズ等により電位値が不安定となる
- ④照合電極本体のケーブルと排流端子ケーブルを直接接続して確認
→ここで電位値が不安定であれば照合電極の不良を視野に入れた調査を計画する

※今回は②の調査により端子接続不良箇所を発見し補修した結果、④の調査で照合電極が健全であることを確認した。

付録-10

(電気防食適用橋梁調査事例)

耐用年数を経過した防食板の調査事例

調査事例-5 「耐用年数を経過した防食板の調査事例」

橋梁調査B橋での事例

B橋は北陸地方の海岸線に位置する橋梁である。流電陽極方式（亜鉛シート方式）が設置されているが、所定の耐用年数を経過しているため、消耗状況および防食効果について詳細調査を行ったものである。

5.1 調査概要

設置後 20 年程度経過した亜鉛シート陽極（以下、防食板とする）の消耗量調査を行うため、既設防食板を採取して代替となる防食板を設置した。調査箇所は側面部のたわみが大きく確認された箇所を選定した。防食板の撤去は周囲のモルタルを除去後、アンカーボルトキャップおよび固定ナット等を取り外し、防食板内部の形状が崩れないよう慎重に撤去した。

コンクリート面に付着したバックフィルの清掃後、コンクリート面の確認を行った。固定アンカーボルト表面からと思われる錆の付着がみられたが、内部鉄筋の腐食によるひび割れの発生等は確認されておらず、電気防食は有効に機能していたものと思われる。

その後、用意した代替防食板を設置し、隣接する既設防食板とリード線を結線して陽極を一体化した。防食板周囲は水中硬化型エポキシ樹脂パテ材にて端部処理を行い防護網を復旧した。



写真 5.1 既設防食板



写真 5.2 撤去完了



写真 5.3 コンクリート表面確認



写真 5.4 代替防食板設置完了

5.2 調査内容

調査対象となる防食板の周囲を 100mm 間隔でマーキングを行い、外部照合電極（鉛照合電極）を用いて表面電位の計測を行った。計測の時系列を表 5.1 に示す。

表5.1 亜鉛シートの表面電位計測

番号	計測日時	陽極状態	計測項目	備考
①	2/14 15:11	既設防食板	オン電位	
②	2/14 16:13	〃	オフ電位	①通電停止 1 時間後
③	2/15 11:12	代替板設置・パテ復旧前	オフ電位	①通電停止 20 時間後
④	2/15 13:45	代替板設置・パテ復旧前	オン電位	③通電 2 時間後



写真 5.5 既設防食板周囲 ON 電位計測



写真 5.6 代替防食板周囲 ON 電位計測

《表面電位測定位置》

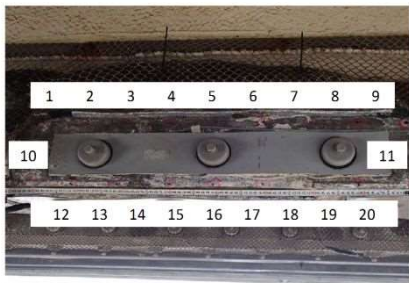


図5.1 山側防食板測定位置(20点)

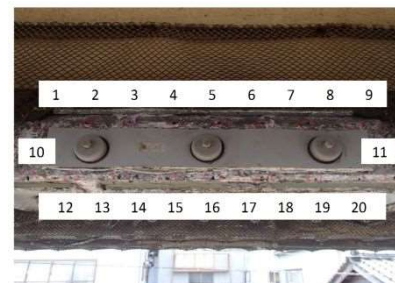


図5.2 海側防食板測定位置(20点)

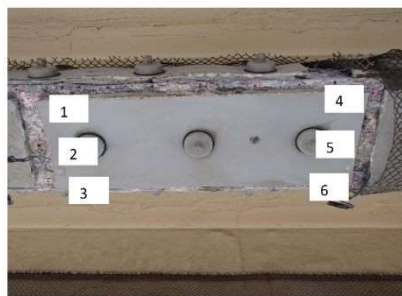


図5.3 底面防食板測定位置(6点)

①② 既設防食板復極量確認（通電停止 1 時間後）

電源オン状態で防食板周囲のオン電位を計測後、通電を停止して 1 時間後のオフ電位から復極量を求めた。

オン電位との比較ではあるが、いずれの測定点においても 100mV 以上の電位変化量が確認されており、特に山側側面と底面の間に大きな値が確認された。

表5.2 OFF1時間後復極量

		海側 (単位: mV)								
海側側面	↑	516	98	112	90	83	203	144	103	0
	↓	513								33
底面	↑	201	122	107	110	110	95	113	110	151
	↓	354								319
山側側面	↑	398								294
	↓	383								151
		379	467	415	421	445	457	430	357	386
		168								147
		323	94	346	104	117	423	156	126	409
		山側								

■ : 防食板範囲

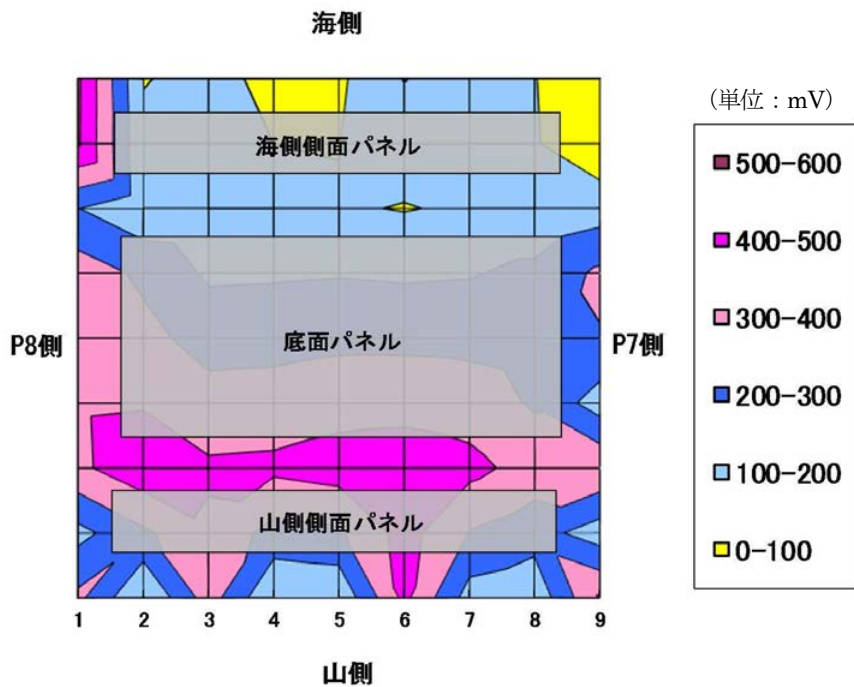


図5.4 OFF1時間後復極量（分布図）

③ 既設防食板復極量確認（通電停止 20 時間後）

計測時間を延長して通電停止 20 時間後の復極量を求めた。オン電位との比較ではあるが、いずれの測定点においても 200mV 以上の電位変化量が確認されており、電位分布は 1 時間後の測定分布とほぼ同じ形状を示した。

表 5.3 OFF20 時間後復極量

		海側								(単位: mV)		
海側側面	↑	589	240	220	193	176	256	244	191	179	↑	
	↓	662								179		
底面	↑	341	276	257	242	233	202	240	277	286	↑	
	↓	516								402		
山側側面	↑	535								453	↑	
	↓	544								332		
		459	581	553	547	568	584	537	474	500		
		273								272		
		427	201	374	215	222	519	383	238	481		
		山側										

■ : 防食板範囲

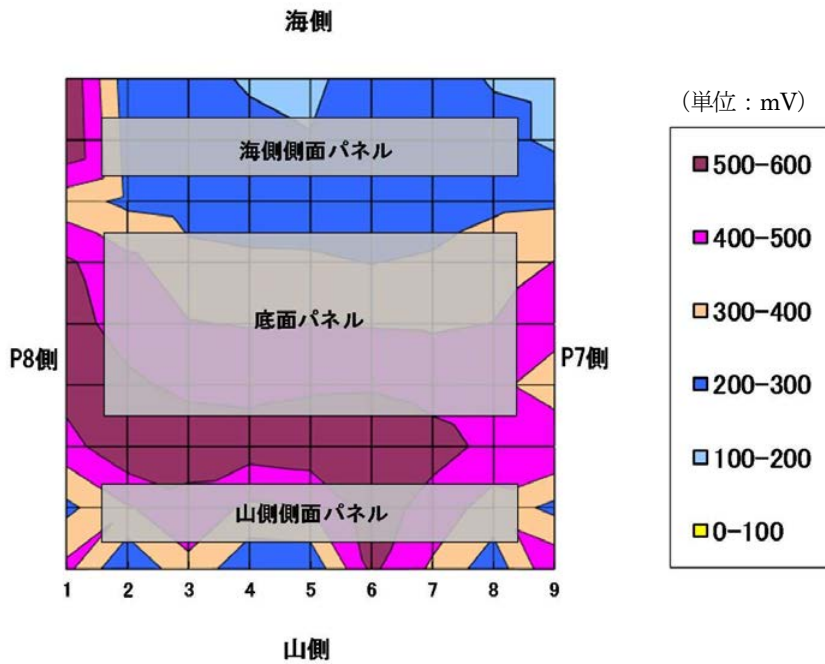



図5.5 OFF20時間後復極量（分布図）

④ 代替防食板分極量確認（通電2時間後）

代替防食板の設置後、通電開始約2時間後のオン電位を計測して分極量を求めた。オン電位での計測ではあるが、既設防食板の採取前と比較して分極量の増加が確認された。

この理由として、既設防食板の陽極消耗により防食電流が不足していたこと、バックフィル（電解質）の劣化等によりコンクリート面との密着性が低下し亜鉛からの防食電流が十分に供給されていなかったこと、また、代替防食板のバックフィル材は水分が多く柔軟性がありコンクリートとの密着性が向上したことなどが考えられる。

表 5.4 ON2 時間後分極量

		海側								(単位: mV)	
海側側面	↑	492	665	602	619	447	505	768	754	581	 : 防食板範囲
	↓	688								711	
底面	↑	791	802	802	787	790	776	807	802	802	
	↓	398								755	
山側側面	↑	477								359	
	↓	506								560	
		741	777	777	778	794	730	743	710	447	
		246								587	
		511	444	358	409	406	415	289	693	277	
		山側									

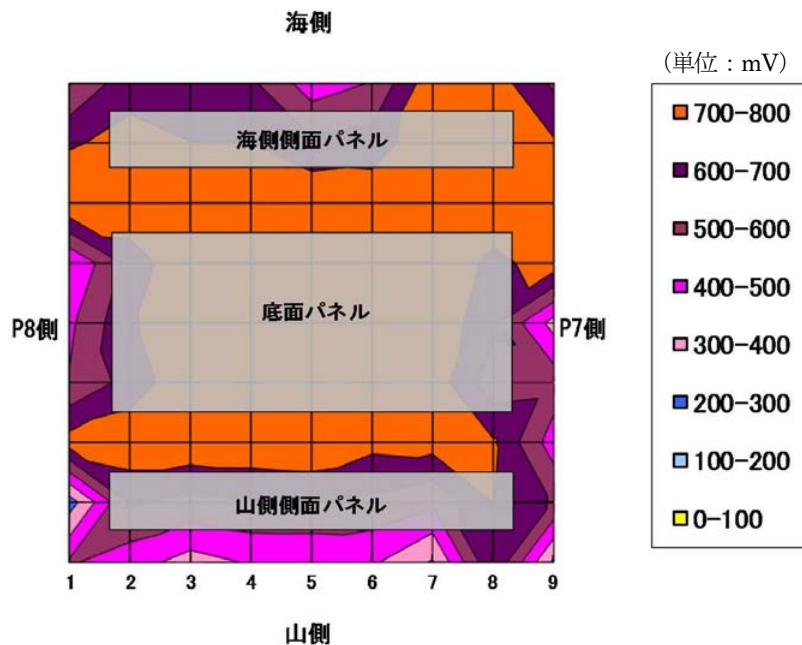


図5.6 ON2時間後分極量（分布図）

5.3 消耗量調査

現地で採取した亜鉛シート陽極を梱包し、試験機関に発送した。試験機関において所定の手順により陽極消耗量調査を行った。表 5.5 に消耗量分析結果を示す。

表 5.5 消耗率分析結果のまとめ

試料 No.	寸法(mm)	初期質量 W_i (g)	残質量 W_r (g)	消耗質量 W_c (g)	消耗率 C (%)	推定残寿命 T_r (年)	推定総寿命 T (年)
①(山側)	100×700	482.0	239.2	242.7	50.4	20.7	41.7
②(海側)	100×700	482.0	188.2	293.8	61.0	13.5	34.5
③(底面)	250×700	1227.5	59.5	1167.9	95.2	1.1	22.1

(注) 経過年数 t (年) : 21、厚み 2mm、密度 7.1g/cm³

[算出式]

$$\text{消耗率 } C (\%) = W_c / W_i$$

$$\text{推定残寿命 } T_r (\text{年}) = W_r / (W_c/t)$$

$$\text{推定総寿命 } T (\text{年}) = t + T_r$$

消耗形態を図 5.7 に示す。側面に設置した亜鉛シートは約半分の消耗量であり、推定総寿命は設計耐用年数である 15 年以上あることが確認された。

底面に設置した亜鉛シートは 95.2%の消耗率が確認された。消耗形態も亜鉛が分離しており、実質的には寿命を迎えていたものと判断される。



図5.7 亜鉛シート消耗量調査結果

5.4 考察

流電陽極方式において耐用年数が近づいた場合、陽極発生電流の測定を行うほか、防食板の消耗量調査を実施して寿命を予測することで、陽極残寿命の把握と更新時期を計画することが重要となる。

1)表面電位計測による腐食傾向の確認について

防食板周囲での表面電位による復極量計測の結果、陸側側面と比較して、鋼材量の多い底面や塩分供給の高い海側側面においては、電位変化量が少ないことが確認された。この傾向は、陽極消耗調査においても現れており、表面電位による復極量の計測により陽極消耗程度の傾向を把握できることが確認できた。

2)陽極消耗量調査について

陽極の消耗量は鉄筋量の多い部位で消耗が大きいことが確認された。そのため、消耗量調査は鋼材量の多い箇所において評価することが重要である。

3)防食効果確認試験について

表面電位による復極量試験の測定時間を1時間から20時間に延長した結果、山側側面 106mV、底面 147mV、海側側面 109mV とそれぞれ復極量の増加が確認された。

復極反応は酸素の還元反応であり、コンクリート中の拡散速度に支配される。特に亜鉛シート方式はコンクリート表面の大部分を防食板で覆うため、酸素の拡散速度が小さくなる傾向にある。一般的に復極量の測定時間は24時間とされているが、陽極の配置形状や乾湿環境の違いなどにより復極の遅れがあることを考慮して測定時間を見極める必要がある。

付録-11

遠隔モニタリングシステムの概要 (その1 システム1)

付録-11 遠隔モニタリングシステムの概要(その1 システム1)

1. 概要

本稿では、第8章において示した遠隔モニタリングシステムの内、システム1についての構成および機能を述べる。

本システムは、電気防食システムの稼働状況を示す電源電圧、防食電流、鋼材電位および復極量等を自動で測定し、モバイル端末等で測定データを閲覧することが可能である。

2. 構成

システム1の構成図を図-1に示す。

遠隔監視ユニットで測定されたデータは、インターネット上のクラウドにデータ通信を行い、モバイル端末等で測定データを閲覧する。管理者は、モバイル端末で測定データを閲覧することで、電気防食の稼働状況の一次診断が可能となる。モバイル端末の復極量の画面表示の一覧では、防食管理基準「100 mV シフト基準」にしたがって、防食状態が色分け表示される。なお、詳細なデータは、事務所のパソコンを用いることでデータの分析も可能である。

その他に、遠隔監視によるデータ通信に異常が生じた場合や直流電源ユニットからの電流供給が停止した場合には、アラームメールが事前に設定したメールアドレスに送信される。

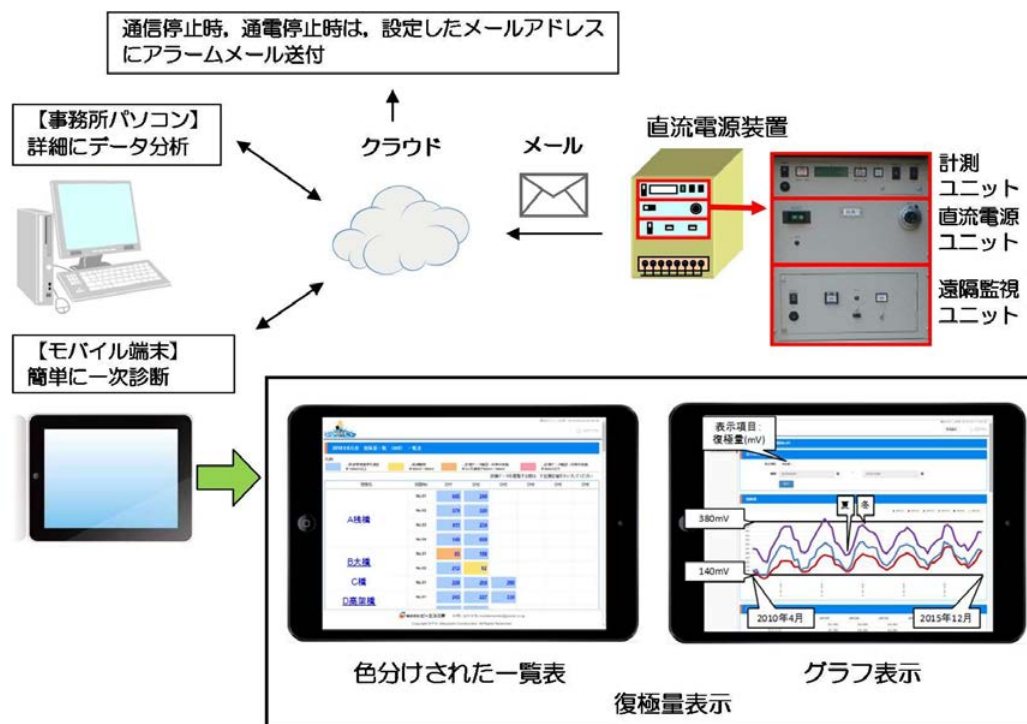


図-1 遠隔モニタリングシステム(システム1)の構成

3. 機能

3.1 測定および制御に関する機能

本システムでは、電源電圧、防食電流および鋼材電位を自動測定して復極量を算出し、閲覧機器で電気防食システムの稼働状況を監視することが可能である。しかしながら、復極量のデータをもとに自動的に直流電源ユニットの電流供給量（防食電流量）を調整することや閲覧機器を用いて防食電流量を調整することはできない。

防食状態を示す復極量は、閲覧機器の表示画面に以下のように色分け表示される。復極量が防食基準を満たす 100mV の場合には「青色」で表示される。一方、復極量が 50～99mV の場合は「黄色」で経過観察を促し、3 カ月連続で 50～99mV の場合は「橙色」、50mV 未満の場合は「赤色」で表示され、何らかの対策を促す。なお、電源電圧と防食電流量は回路ごとに表示される。

3.2 警報機能

本システムの警報機能は、遠隔モニタリングシステムによるデータ通信に異常が生じた場合や直流電源ユニットからの電流供給が停止した場合にアラームメールが事前に設定したメールアドレスに送信される。

付録-12

遠隔モニタリングシステムの概要 (その2 システム2)

付録-12 遠隔モニタリングシステムの概要(その2 システム2)

1. 概要

本稿では、第8章において示した遠隔モニタリングシステムの内、システム2についての構成および機能を述べる。

本システムは、電源電圧、防食電流、鋼材電位および復極量等を自動で測定し、遠隔地(例えば、防食対象構造物の管理者事務所)において防食状態の確認および測定データの回収を行うことができる。これに加えて防食電流量に過不足がある場合、自動で防食電流量を調整し、適切な防食状態を維持する機能もある。また、現地にて電気防食システムに重大な異常が発生した際には、警報機能により、異常内容が通知される。

このように本システムは、多種の測定項目や警報機能等を有するため、必要な機能を選択し電気防食システムの管理を行うことが可能である。

2. 構成

システム2の構成図を図-1、構成表を表-1、外観を写真-1および写真-2に示す。

図-1の現地側では、直流電源装置内に設置された遠隔監視装置(以下、現地子局と呼ぶ)が、定期的に直流電源装置の稼働状況および鋼材の防食状態を監視し、測定データを内蔵メモリに保存する。また、必要に応じて防食電流量の自動調整も行う。さらに、現地子局には警報接点付きの避雷器および無停電電源装置が設置されており、雷害や停電等が発生した場合に機能の保障を行うと同時に、異常発生時には管理事務所側に警報を発信する。

管理事務所側では、事務所に設置されたパソコン(以下、事務所パソコンと呼ぶ)から、電話回線を経由して現地子局とデータ通信を行うことで、現在の防食状況の確認および現地子局内蔵メモリ内のデータを回収する。また、現地子局より発信した警報を管理事務所側の警報プリンタで受信し、警報内容を印字する。

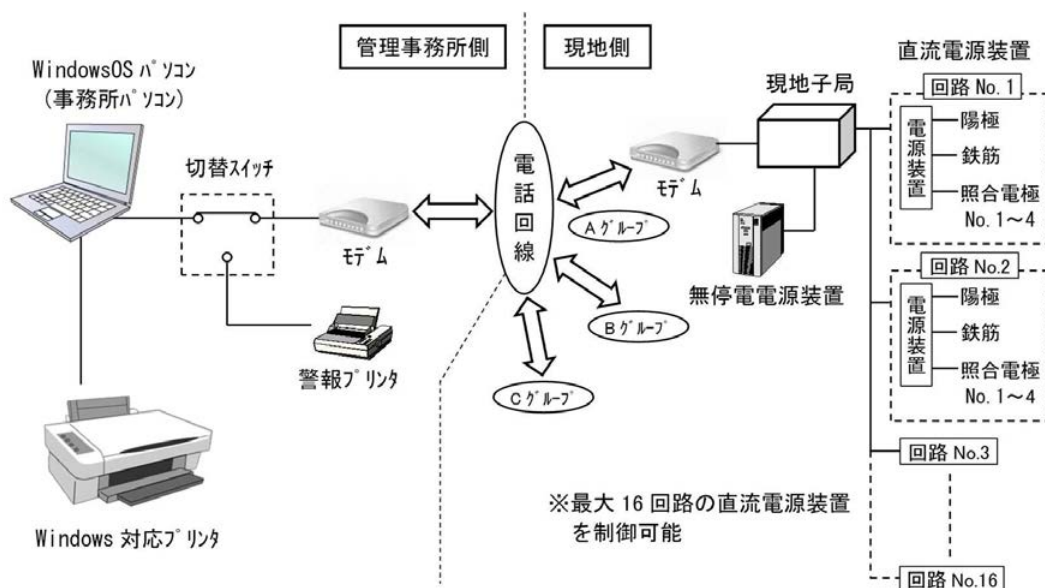


図-1 遠隔モニタリングシステム(システム2)の構成

表-1 構成表

項目	構成機器	内容
管理 事務所側	事務所パソコン	OS : Windows7 , 8 , 8.1
	帳票印刷用プリンタ	Windows 対応ページプリンタ (A4 用紙使用)
	警報プリンタ	小型プリンター
	データ通信用モデム	アナログ回線用モデム
	回線切替器	モデム接続先切り替え用 通常 : 警報プリンタ, 通信時 : 事務所パソコン
現地側	現地子局	遠隔監視制御装置
	無停電電源装置	警報接点付き
	データ通信用モデム	アナログ回線用モデム
	避雷器	警報接点付き (AC 受電用, 電話回線用, 防食回路用)
電話回線	一般アナログ回線 / ISDN 回線	



写真-1 現地子局の外観



写真-2 管理事務所側の外観

3. 機能

3.1 測定および制御に関する機能

本システムでは、設定された制御間隔で、各種項目を測定し、測定結果にしたがって、防食電流量を制御することが可能である。なお、防食電流量の調整に関しては、管理者が閲覧機器（事務所パソコン）から設定することも可能である。表-2には、自動測定および制御機能に関しての一覧を示す。

表-2 自動測定・制御機能の項目および条件

機能	項目	条件
測定	電源電圧	<ul style="list-style-type: none"> ・測定間隔 : 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 時間の条件で回路毎に設定可能。事務所パソコンより手動測定可能。 ・メモリ容量 : 2400 レコード/回路保存可能。(測定間隔 1 時間の場合、約 3 か月分) ・回路数 : 最大 16 回路 ・照合電極 : 4 個/回路
	防食電流	
	鋼材の、インスタントの電位	
	防食効果確認(復極量)	
制御	防食電流量	<ul style="list-style-type: none"> ・制御間隔 : 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 時間の条件で回路毎に設定可能。事務所パソコンより手動制御可能。

3.2 警報機能

本システムでは、表-3 に示す項目に関して異常情報を警報として警報プリンタに印字することが可能である。なお、警報監視間隔の設定も可能であるが、直流電源装置を稼働させる AC 電源の受電異常の警報監視間隔は 30 秒間隔の固定設定となっている。

表-3 警報機能の項目および条件

項目	条件	
警報監視間隔	監視間隔は 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 時間の条件で回路毎に設定可能。但し、AC 電源の受電異常は 30 秒間隔固定	
警報項目	AC 受電異常	停電などで一次側電源の供給が無い場合。
	防食電流異常	測定データが電流異常値を下回った場合。電流異常値は任意に設定可能。
	過防食電位発生	過防食電位を下回った場合。過防食電位は任意に設定可能。
	メモリ残容量	現地子局内蔵メモリの残量が 20%以下および 10%以下になった場合。
	アレスタ	AC 電源用、電話回線用、直流出力用アレスタの交換が必要な場合。

共同研究報告書
Cooperative Research Report of PWRI
No.501 July 2018

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754