

## 報告 電気防食工法の効率的な維持管理支援システムの開発と適用事例

川島 仁<sup>\*1</sup>・小畑 孝欣<sup>\*2</sup>・作井 孝光<sup>\*3</sup>・網野 貴彦<sup>\*4</sup>

**要旨：**電気防食工法は所定の電流を安定して流し続けることにより防食効果を期待できる。そのため、当工法の維持管理においては長期にわたる防食効果の確認が重要であり、防食効果の確認や防食システムの異常発生時の対応には専門的な知識が必要となる。そこで、筆者らは電気防食工法の維持管理支援ツールとして、防食モニタリングデータと異常発生時の対処方法を、インターネット技術を介して構造物所有者に提供するシステムを開発し、栈橋上部工に適用された電気防食工法の維持管理に導入した。本稿では、本システムの概要を説明し、本システムを導入後約半年間のモニタリング状況について報告する。

**キーワード：**電気防食工法, 維持管理, モニタリング, 省力化, インターネット技術

### 1. はじめに

大量に建設されたコンクリート構造物の老朽化や早期劣化が深刻な問題とされて久しく、構造物の機能や第三者影響度を考慮した適切な維持管理手法の構築が急務とされている。しかし、広範囲かつ大量に存在する構造物の点検、調査を日常または定期的に行うには多くの労力や費用が発生するため、従来の点検・調査手法の改善（たとえば、センサーを利用したヘルスマニタリングの適用など）あるいは少子化による技術者数や維持管理費用の減少に対応できる省力化に向けた開発が必要と考えられる。

そこで、筆者らは、変状を検知するセンサーを構造物に設置してモニタリングすることにより点検業務の簡略化（頻度の省略, 省人化）を図り、さらに専門技術者による分かりやすいコメントを添えたモニタリング情報と変状を検知したときの具体的な対処方法を構造物所有者に提供する、コンクリート構造物の維持管理支援システムの開発を進めてきた<sup>1)</sup>。本稿では、このシステムを電気防食工法の維持管理支援ツールとして開発し、実栈橋に本システムを導入してか

ら約半年間のモニタリングを行った状況について報告する。

### 2. 電気防食工法の維持管理支援システムの概要

電気防食工法によって期待されたコンクリート中の鋼材の防食効果を確実に得るためには、長期にわたる定期的な効果確認が必要である。しかし、その効果確認や電気防食システムの稼働状況の評価については専門技術者の知識や判断が不可欠となっているのが現状である。さらに、広範囲の構造物に電気防食工法を適用する場合、複数の電源装置や照合電極が設置されるため、大量の情報を日々確認して、電気防食システムの異常が生じた部位を特定する作業に、かなりの労力が必要となる。

そこで、電気防食工法の維持管理業務の効率化および省力化を目的として、構造物に設置された複数の電源装置および照合電極からの分かりやすいモニタリング情報の提供や、電気防食システムに異常が生じたときの具体的な対処方法の提供、さらには大量のモニタリング情報の記録管理をサポートする技術として、図-1に示

\*1 東亜建設工業（株） シビルリニューアル事業室（正会員）

\*2 （株）フジサク 本社工場 製造部

\*3 東亜建設工業（株） 大阪支店 大阪工事事務所

\*4 東亜建設工業（株） 技術研究開発センター 新材料・リニューアル技術グループ（正会員）

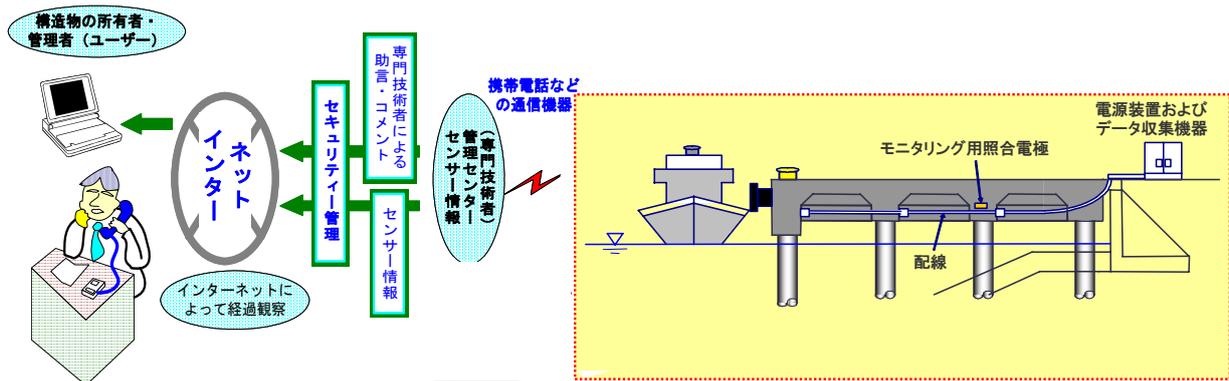


図-1 電気防食工法の維持管理支援システムの概要

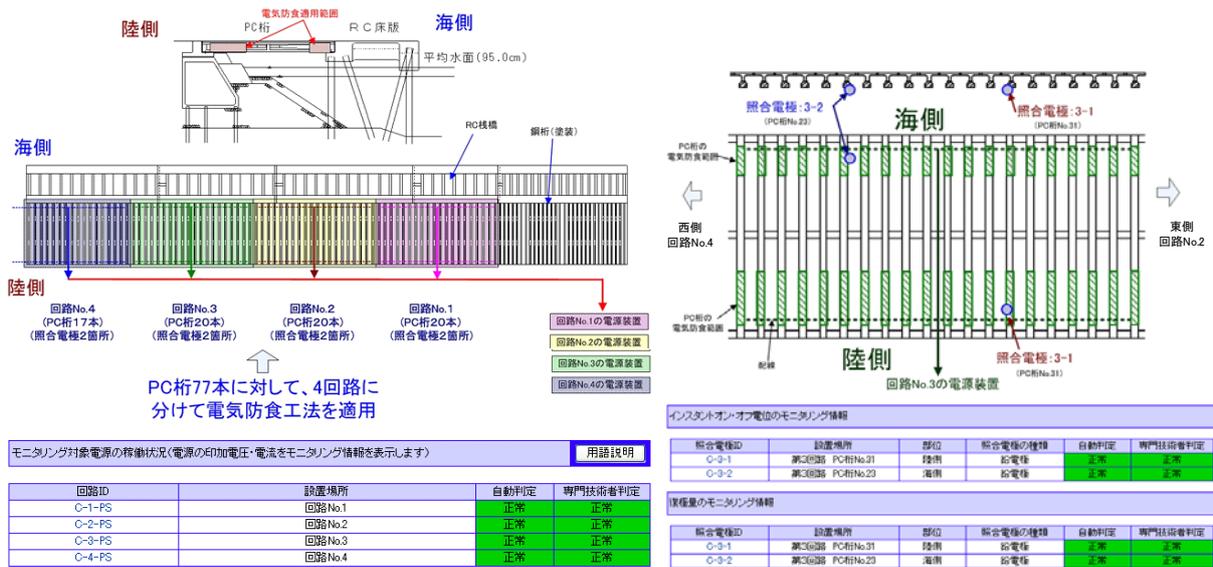


図-2 WEBによる表示画面例(左:電源装置に関する表示,右:照合電極に関する表示)

すシステムを開発した。以下に、電気防食工法の維持管理支援ツールとして工夫・改善した点について述べる。

## 2.1 遠隔システムと記録管理について

現場での電気防食システムの点検の頻度やそれに要するコストを縮減でき、システム故障が発生しても早期に対応できるように、電源装置の稼働状況や照合電極による防食効果の確認作業を遠隔操作により行うシステムを導入した。その際、現地に設置したデータ回収機器から1回/日の頻度で情報管理センターにデータ送信を行うようにし、情報管理センターのデータが更新されないときは、遠隔システムや現地の電源供給に不具合があるものと自動判定できるようにした。また、日々のデータは、以後の電気防食システムの維持管理において非常に有用な情

報となるため、蓄積された大量のデータの記録管理を本システム内で自動的に行い、構造物所有者や専門技術者が過去の記録をWEB画面上でいつでも閲覧できるような機能を付加した。

なお、本システムは、情報管理センターにおける厳重なセキュリティー管理がなされ、構造物所有者のみの情報開示を前提としている。

## 2.2 複数情報の表示方法について

実際の維持管理において、構造物所有者が複数の情報を個別に確認するには多大な労力を費やす。そのため、構造物所有者が効率的にモニタリング情報の確認作業を行えるように、図-2に示すように、インターネットを利用してWEB画面上に複数の電源装置や照合電極からの情報を一覧表示させた。また、煩雑な防食回路や照合電極の位置を分かり易い図で表示させた。

管理基準値 :  $-1000(\text{mV}) \leq E_{\text{io}}$

過防食でないことを判定するしきい値

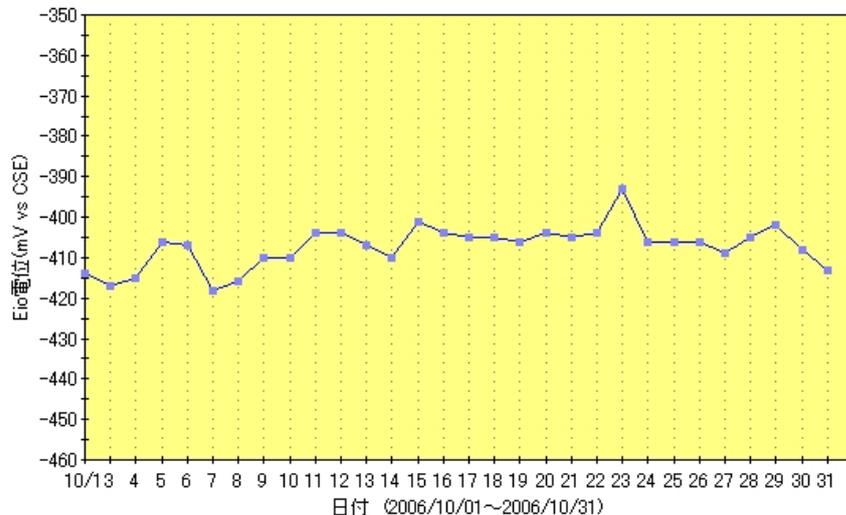


図-3 インスタントオフ電位のモニタリング結果例

最新のモニタリング情報 用語説明

システム稼働状況	自動判定	異常を発信した部位	状況
遠隔システムの稼働状況	正常	-	最新データの送受信は正常に行われています。
電源装置の稼働状況1	正常	-	全ての回路は正常に稼働しています。
照合電極のモニタリング状況	異常	C-1-PS/C-1-1	2006年10月26日に、C-2-1の照合電極を新たな照合電極に設置しなおし、現在照合電極が原因となって不安定な状況が計測されているのか確認中です。設置しなおした

▼前回のエラー発生日:2007/01/10

▼専門技術者によるモニタリング情報の評価

2006/9/20の時点で、回路2の通電状況を現地にて確認しましたが異常はありませんでした。そこで、2006/10/26に、回路2の1つの照合電極(C-2-1)を新たな照合電極に設置し直し、現在モニタリングを継続しております。設置しなおしたC-2-1の経過を見て、他の照合電極についても取替えの必要性があるかどうかを検討します。

専門技術者によるコメント例

図-4 専門技術者による具体的対処方法のコメント例

なお、WEB 画面上に複数の情報を一覧表示する際には、図-3に示すように、専門技術者が照合電極や電源装置のしきい値（たとえば、防食管理基準<sup>2)</sup>など）を事前に設定しておき、照合電極や電源装置から得られたデータがそのしきい値を超えない場合は緑色、しきい値に近付くまたは短期的に超える傾向を計測したときは黄色、しきい値を長期的に超えた場合は赤色を自動表示させるようにした。これにより、電気防食システムの全体的な変状を一目で把握できるようになり、しきい値を長期的に超えている部位に対して目視点検など重点的に調査を行い、電気防食システムの修繕の必要性などを早期に

検討できるようにした。

### 2.3 専門技術者の具体的対処方法のコメント

電気防食工法の維持管理に関する知識や経験の少ない構造物所有者に対して、図-4に示すようにモニタリング情報に基づいて専門技術者が判断した具体的な対処方法を提供し、点検・調査の必要性など電気防食システムの維持管理に関する疑問に対して短時間で的確にサポートできるようにした。また、緊急を要する点検・調査が必要な場合を想定し、構造物所有者と専門技術者間で直接メールのやり取りが行えるような機能も整備した。

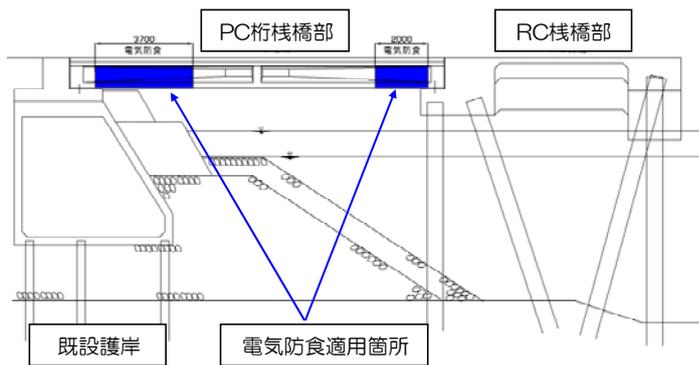


図-5 適用栈橋の構造図



写真-1 PC桁の外観

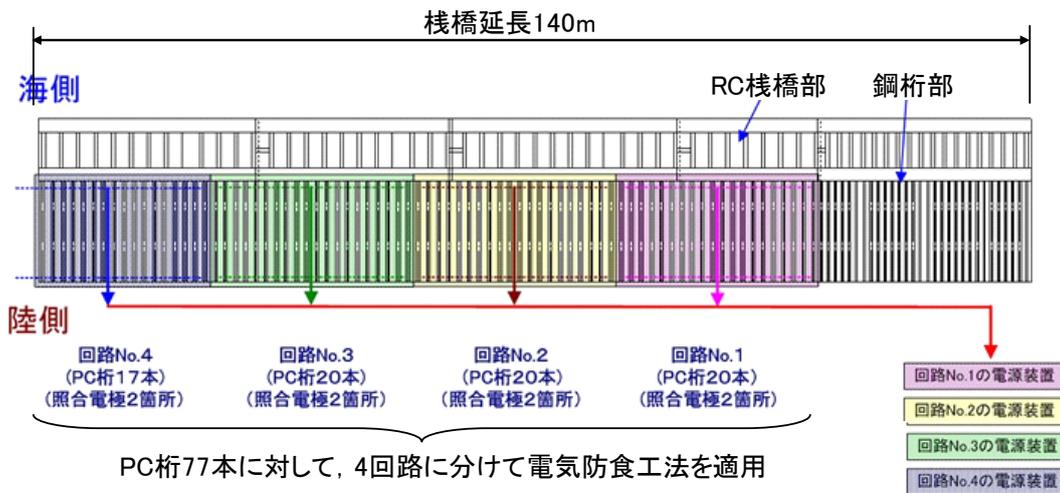


図-6 栈橋の全体平面図および電気防食回路図

### 3. 本システムを導入した栈橋の概要

本システムを導入した栈橋は大阪港（大阪府堺市）に位置し、鋼材の荷揚げ栈橋として利用されている。また、図-5、図-6に示すように、延長140mのRC栈橋部と既設護岸が77本のPC桁と鋼桁により繋がれた構造である。

当該栈橋では近年になって施設全体に塩害劣化が顕在化したため、平成18年度に断面修復工、電気防食工、外ケーブル補強工を中心とした補修・補強工事が実施された。そのうち、PC桁全数（77本）に対しては、写真-1に示すように電気防食工法（チタングリッド陽極：施工面積633m<sup>2</sup>）が適用された。そこで、広範囲の電気防食システムの維持管理方法として、栈橋下での点検が省略でき、さらに専門技術者が日々の防食システムの稼働状況を確認しながら信用性の高い維持管理情報をリアルタイムに提供できる

表-1 電気防食工法のモニタリング項目と頻度

点検項目	点検頻度
遠隔システムと電源装置の稼働状況（各回路の電流、電圧を測定）	1回/日
照合電極のモニタリング状況（各照合電極による鋼材のオン電位、インスタントオフ電位を測定）	(12:00計測)
復極量のモニタリング状況（各照合電極において、電流を24時間停止させ復極量を測定）	1回/月 (毎月1日12:00～)

本システムが採用された。

なお、電気防食工事は4回路に分けて施工され、1回路につき照合電極（鉛電極）が2個設置された。また、電気防食の維持管理においては、直流電源装置を含む防食回路や防食効果（インスタントオフ電位や復極量）を確認する必要があるため、電気防食システムのモニタリング項目および頻度を表-1に示すものとした。さらに、

電源装置に対しては定格出力 (30V) を、インスタントオフ電位に対しては防食基準<sup>2)</sup>の-1000mV (vs CSE) を、通電停止後から24時間後の復極量に対しては100mVをしきい値として設定した。

#### 4. モニタリング状況および異常の対応事例

本システムは平成 18 年 8 月から運用が開始され、現在 (平成 19 年 1 月) まで約半年間稼働している。ここでは、運用開始から安定したモニタリング情報が得られた回路 No.3 と、運用中に異常が確認された回路 No.2 の結果を比較しながら、運用状況について説明する。

図-7に回路 No.2 と No.3 における電源装置の電流、電圧のモニタリング状況を示す。この結果を見ると、回路 No.3 は安定した電流、電圧が計測されていたが、回路 No.2 では通電開始後から一定の電流であったにもかかわらず急激に電源装置の電圧が降下する現象が見られた。

一方、インスタントオフ電位のモニタリング状況を図-8に示す。この結果によると、回路 No.3 におけるインスタントオフ電位は安定していたのに対し、回路 No.2 においては電源装置の電圧の降下と同時に急激にインスタントオフ電位が貴な方向にシフトする現象が確認された。これを受けて、回路 No.2 の防食電流の不足を懸念して電源装置の電流値を大きくしたが、インスタントオフ電位は卑な方向に移行せず、10月1日に測定した復極量においても目標の 100mV が得られていないことを確認した。そのため、回路 No.2 の防食回路に何らかの異常が生じている可能性が考えられた。

そこで、1)直流電源装置内の AD 変換器の故障、2)インスタントオフ電位の測定タイミング、3)通信の異常、4)電気防食回路の配線の異常、5)照合電極の異常など、回路 No.2 の防食システムに異常が発生した原因について直接現地にて確認するため、専門技術者による詳細調査を実施した。詳細調査では、電源装置の表示値、手動テスター値、遠隔監視データのデータ回収状況または通信状況などの確認作業を行った。これ

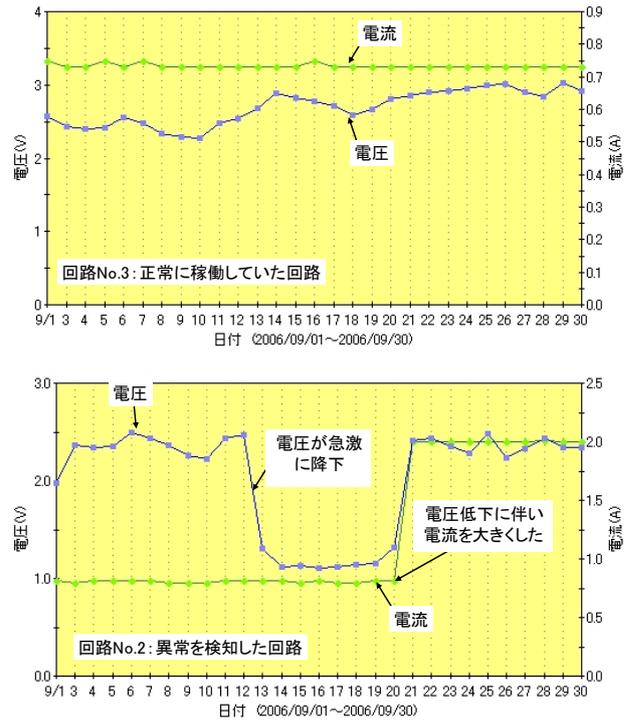


図-7 電源装置のモニタリング状況 (平成 18 年 9 月度)

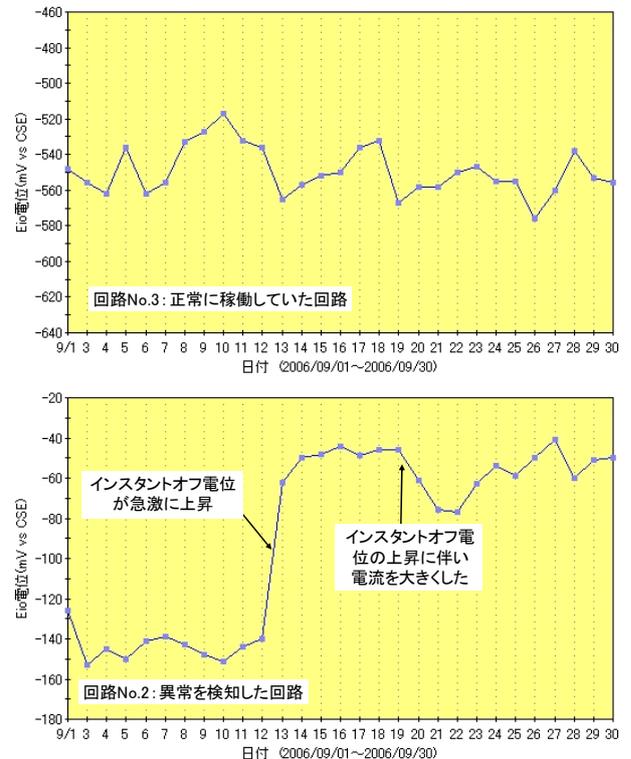


図-8 インスタントオフ電位のモニタリング状況 (平成 18 年 9 月度)

により回路 No.2 の照合電極に異常があることが判明したため、異常な値を計測した照合電極の



写真-2 照合電極の取替え状況

取替えを実施し（写真-2 参照）、通電を再開した。

その後のインスタントオフ電位のモニタリング状況を図-9 に示すが、照合電極を取り替えた後は、気温等の変動に対しても回路 No.2 と No.3 は同じような傾向でインスタントオフ電位が計測され、正常に計測できていることを確認できた。なお、復極量についても照合電極を取り替えてからは目標の 100mV が得られていることを確認している。

遠隔操作によるモニタリングを行っていない電気防食工法では、防食回路にトラブルが発生していても、専門技術者が現地に赴く次の定期点検まで放置されてしまう可能性がある。今回の事例で示したように、定期的に専門技術者がモニタリング情報を確認して、その情報のトレンドを専門技術者が容易に判断でき、さらに電気防食システムの不具合の早期発見、早期対応が可能である本ツールは、今後の電気防食工法の維持管理手法として有用性が高いものと考えられる。

## 5. まとめおよび今後の展望

本稿では、電気防食工法の維持管理業務の効率化および省力化を目的として、筆者らが開発した維持管理支援システムの概要を述べ、栈橋上部工に適用された電気防食工法のモニタリングに本システムを導入した事例について紹介した。紹介した事例では、電気防食システムのモ

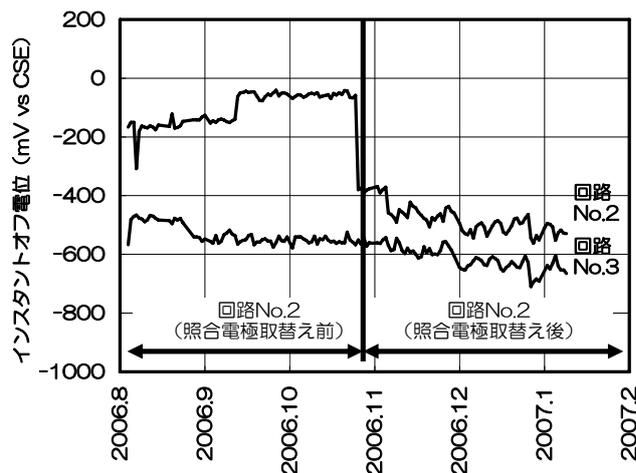


図-9 照合電極取替え後の  
インスタントオフ電位の計測結果

ニタリングに欠かせない照合電極の異常を早期に発見し、正常な状態に早い段階で復旧できたことから、本システムに期待した効果を十分に発揮できたものと思われる。

今後も、長期的なモニタリングが必要な電気防食システムの維持管理の効率化、省力化の検討を進めるとともに、電気防食工法以外にも、コンクリート構造物の様々な劣化を対象としたモニタリングに対して、本システムの適用を拡大していく予定である。

## 謝辞

今回の電気防食工法の維持管理支援システムの運用のための遠隔システムの導入にあたり、(株)ピーエス三菱殿に多大なご協力を頂いたことに深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 網野貴彦ほか: 帯状センサーを用いたコンクリート構造物のメンテナンスシステムについて、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム論文報告集、第3巻、pp.279-284、2003.10
- 2) 土木学会: 電気化学的防食工法設計施工指針(案)、コンクリートライブラリー107、p.67、2001.11