

22世紀の子供たちへ・・・造る時代から、残す時代へ

コンクリート構造物の塩害補修対策の内

電気防食工法の最新事例

<http://www.nakabontec.co.jp/>

美しい自然と限りある資源を次の世代へ・・・

平成25年1月29日

株式会社 ナカボテック

鉄はなぜさびるのか？

鉄は本来、酸化物、硫化物のような、鉄鉱石と言う、鉄にとっては安定した形で自然界に多く存在しております。



人間の都合で大きな熱エネルギーを加え、むりやり鉄としています。そのため、エネルギーを多く取り込んだ鉄は、高いエネルギーの位置にあると言えます、不安定な状態にあると言えます。

電解質中の金属の腐食

電解質（海水や土、コンクリート）中の金属は、エネルギーの低い位置にいるほうが安定するため、元に戻ろうとして、電解質中に溶け出します。（その際、腐食電流が発生）



この際、金属がイオンになって溶けること、金属に電子が残されること、この電子が酸素と水にとられたり濃したりすることの繰り返し「腐食」または「さびる」と言うことです。

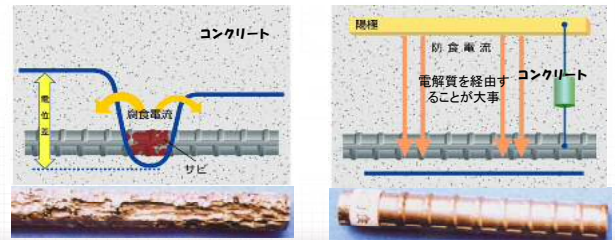
ということは、

この逆の状況を作り出せば、金属がイオンとして溶け出さず、金属のまま安定した状態に保持することが出来るといえます。

電気防食工法とは？

対象鋼材に対し電極からコンクリートを經由して電流（防食電流）を流すことで、腐食電流を低減・停止させ、鉄を電気化学的にさびなくさせる方法。

歴史は古く、港湾施設（必須）やガス管（必須）、水道管、機器（一部必須）の防食対策として広く一般的に用いられています。



土木学会共同研究 塩害環境12年暴露後結果

電気防食の歴史

- 電気防食の起源は1824年 イギリス（189年前）
- 日本では、1919年に軍艦の防食で採用
- 大気中コンクリート構造物 1973年 アメリカ
1986年 日本・・・27年



年	歴史変遷	国内実績累計
1973	アメリカにおいてコンクリート構造物の電気防食適用	0㎡
1982	アメリカFHWAにおいて「塩分量に關わらずコンクリート構造物の腐食を止めようが研究された」の防食工法は電気防食と正式名称	0㎡
1986	旧建設省において電気防食試験を実施(6㎡)	6㎡
1989	旧運輸省において我が國初の送電線塔方式電気防食実施(1989年～1991年 計2,832㎡)	604㎡
1994	日本コンクリート工学会において「コンクリート構造物の電気防食法研究委員会報告書」発行	7,204㎡
1997	東京港大井埠頭において外部電源方式電気防食実施(47年10,223㎡)	16,829㎡
2001	土木学会により「電気化学的防食工法設計施工指針案」発行	62,117㎡
2003	神戸製鋼所において初めての電気防食実施(1,549㎡)	94,028㎡
2012	現在	265,326㎡

電気防食対象施設は？

日本を取り囲む海洋構造物に

塩害をうけているコンクリート構造物に

実は・・・

日本中のいたるところで普通に使われています。

唯一、十分普及していないのがコンクリート構造物

生活基盤を支えるガス・水道管に

ゲート設備・プラント設備に

電気防食指針・マニュアル

電気防食のマニュアルは、かなり整備されています。コンクリート構造物は指針のみ

電気防食の効果

- 腐食反応に直接関与する抜本的対策**
自然の摂理を逆手に取ったのが、電気防食であり、条件さえ満足すれば、他の工法に比べ卓越した防食効果。
- アメリカFHWAでの評価**
1982年、「塩分量にかかわらず、塩分で汚染された鉄筋コンクリート橋床版の腐食を止めることが確認された唯一の補修方法は 電気防食である」との公式見解。
- コンクリート構造物では26年の実績**
日本においてコンクリート構造物の電気防食が試験的に採用されてから、今年度で26年が経過。種々の追跡調査により適切な点検を実施していれば、他の工法に比べ補修効果が高く、信頼性が高い。

マクロセル腐食ってなんですか？

○ : アノード部 (腐食部) ○ : カソード部 (健全部) = 防食部

Case. 1: 不動態皮膜破壊によるマクロ電池形成 (最初の劣化)
Case. 2: 新旧コンクリートによるマクロ電池形成 (再劣化)

劣化損傷部 断面修復部 既存コンクリート 新コンクリート

劣化した箇所を部分的に補修した時によく発生します。これは、既存コンクリートと新コンクリートの界面を境として鉄筋の環境が変わってしまい、片側に腐食電流が流れてしまい加速度的に腐食する現象の事です。

再劣化について事例

電気防食

補修工法: 断面修復 + 表面被覆
補修後、4年経過時
電気防食適用径間には異常なし

断面修復 + 表面被覆

塩害補修対策とは？

結論

- いじめっ子(塩分・水・酸素)を排除、いじめられっ子(鉄)を隔離する。
- いじめられっ子がいじめられないよう強くする。

言い換えると・・・

- 腐食環境要因(酸素、水、塩)を除去する。
- 鋼材間の電位差をなくす。腐食しない状態とする。

と言う事は？

- ① “塩分の除去” “塩分(水、酸素)の進入防止” ② “電位差の解消”
断面修復・脱塩 表面被覆 電気防食

コンクリート中鋼材の塩害補修対策は？

“電位差の解消” いじめられっ子を強く	“塩分の除去” いじめっ子の排除	“塩分の侵入防止” いじめっ子をいれない
電気防食工法	断面修復(脱塩)工法	含浸・表面保護工法
防食電流を鋼材表面に供給し、電位差を解消する。	コンクリート中の塩分を電気泳動原理あるいは物理的に除去する。	コンクリート中に塩分が侵入しないよう表面を保護。

表面塗装・断面修復（脱塩）時の留意事項

- 脱塩・断面修復は、塩分の除去を目的
- 表面塗装は、塩分や水酸素の進入を防止

↓

根本的な対策とならない場合がある。

すでに内在している塩化物イオンへの効果は期待できません。鉄筋近傍の塩化物イオン量について留意する必要があります。

塩化物イオン濃度が大きい箇所を除去

断面修復材で復旧

塩化物イオンの濃度により、マクロセル腐食（再劣化）の恐れがあります。部分断面修復の際は、これらについて留意が必要です。

そのため・・・

- 塩化物イオン量測定
- フィックの拡散による塩化物イオン浸透予測により鋼材位置の塩分量を把握することが重要！

電気防食工法の特徴・国内実績

電気防食工法のメリット

- 多量の塩分を含有していても問題なし
- 塩分を含んだコンクリートの除去が不要
- 防食効果が定量的に確認可能
- マクロセル腐食等“再劣化”の心配がない

電気防食工法のデメリット

- インシタルコストが割高である。
- 維持管理が手間である。（よくわからない）
- 電気代がかかる。（¥30～150/㎡・年）

電気防食を実施している期間は、腐食環境要因の有無に関わらず腐食しなくなることが大きな特徴

インシタルコストのデメリットを改善するためには、塩化物イオン量結果より、対象部位を絞り込むことが大事。（部分防食）

国内実績

2012年3月現在、265,327㎡

実績伸ばした“電気防食工法”

資料：電気化学的補修工法研究会(2011年度)

電気防食方式の種類

環境条件や構造物の条件により適切な工法を選定する必要がある。

外部電源方式		流電陽極方式	
面状陽極	チタンメッシュ方式 チタン溶射方式 導電塗料方式	面状陽極	亜鉛シート方式 ALAPANEL方式
線状陽極	リボンメッシュ方式 Ni/CFS方式	点状陽極	埋設型犠牲陽極※
点状陽極	内部挿入方式	点状陽極	

※マクロセル腐食の低減を期待した商品（電気防食ではない）

赤字は、すべて海外技術

リボンメッシュ方式（商用電力必要）

図に示すように、コンクリートに建設したリボンメッシュ電極（幅13mm、厚さ0.8mm）を+極につなぎ、対象となる鋼材に外部電源の-極をつないで外部からコンクリート中を通して微弱な直流電流を金属表面に流入させ、それによって腐食電流を消滅させる電気化学的防食法です。

PRICE (¥75,000/㎡～)

- 複雑な構造物でも適用可能であり、実績が多い。
- 溝を形成するため、既設塗膜の撤去が必要であるが、躯体を傷つけない。
- 鉄筋がぶら下がると適用困難

施工手順

- 溝の形成
- リボンメッシュ電極設置
- 配線配管
- 直流電源装置設置
- 完成

取付位置をマーキング後、所定の位置に電極を入れるための溝をワンダーク等により形成します。

リボンメッシュ電極を溝内に設置し、表面を専用のセパレート材で保護後、導電のためのワドを埋めます。

電極及び対象鋼材と接続されたケーブルを直流電源装置まで引き込み接続します。

所定の位置にコンクリート基礎を築き、直流電源装置を設置します。

溝を閉鎖して、電気防食の効果があることを確認します。

リボンメッシュ陽極方式施工例

民間 橋梁

民間 橋脚

国立 抗

民間 棧橋

チタン溶射方式（商用電力必要）

コンクリートにアーク溶射により被覆したチタン皮膜電極（厚さ0.1mm）を+極につなぎ、対象となる鋼材に外部電源の-極をつないで外部からコンクリート中を通して微弱な直流電流を金属表面に流入させ、腐食電流を消滅させる電気化学的防食法です。

PRICE (¥65,000/㎡～)

- 複雑な構造物でも適用可能であり、施工も安価であり実績が多い。
- 死荷重の増加がない
- 海洋環境など湿潤部への適用は難しい。

施工手順

- 接地確認
- チタン溶射
- 配線配管
- 直流電源装置設置
- 完成

付いたワイヤを備えた溶射機により全周7方向による乗地調整を行います。

高電流のアーク溶射によりコンクリート中に電極皮膜を形成します。

導電用のケーブルと接続したケーブルを直流電源装置まで引き込み接続します。

所定の位置にコンクリート基礎を築き、直流電源装置を設置します。

溝を閉鎖して、電気防食の効果があることを確認します。

チタン溶射方式施工例

県橋梁
国橋梁
県橋梁
県ロックシェット

ALAPANEL方式(商用電力不要)

コンクリートに貼り付けたアルミパネル(ALAPANEL)を+極につなぎ、対象となる鋼材に-極をつなぎ、回路を形成します。これにより異なる金属間の電位差を利用して、電池作用によりコンクリート中を通して微弱な電流を金属表面に流入させ、腐食電池を消滅させる電気化学的防食方法です。乾電池と同じ原理を応用した技術です。

PRICE(¥90,000~)

- ・2007年の新商品であるため、実績は少ない。
- ・死荷重(15kg/m²)が増加する
- ・商用電力を必要としないため、電気代が不要。
- ・自動調整により、電流調整を行う必要がない。

施工概要

- ① 固定金具取付
- ② ALAPANEL取付
- ③ 化金金具取付
- ④ 配線配管
- ⑤ 完成

取付位置をマーキング、ベースとなる固定金具をアンカーボルトにより、設置します。

固定金具中央にアンカーボルトを取付け、ALAPANELを貼り付け、リベットにより固定します。

固定金具裏面方向のパネル間に化金金具(中間部および端部)をリベットを挿入して取り付けます。

ALAPANELに接続したケーブルを配管材と接続したケーブルをモニタリング装置まで引き込みます。

モニタリング装置より通電を開始して、電気防食の効果があることを確認します。

ALAPANEL方式施工例

県橋梁
国橋梁
国橋梁
民間 棧橋

電気防食の維持管理は？

点検	概要	頻度
日常	維持管理者が定期的に目視可能な箇所について点検記録する 直流電源装置の運転ランプが点灯していることを確認する。	1回/半年
定期	専門知識を有する調査員が定期的に異常箇所の有無を点検記録する 専門家による電位変化量の確認と適切な電流調整	設置当初は半年に1回 その後は、1回/2年
詳細	専門知識を有する調査員が定期的に異常箇所が確認された場合や天災などの異常時に実施する	1回/5年(異常時)

最初の2年は、定期点検を確実に行うことがポイント(メーカー実施)

日常点検

受電ランプ 運転ランプ
受電ランプ 運転ランプ

柱上(ちゅうじょう)型
自立(じりつ)型

一般には受電ランプと運転ランプの点灯を確認するだけ！

お忙しい中、ご清聴ありがとうございました。

おかげさまで

61

周年

問い合わせ先
㈱ナカボータック 事業統括部
東京都中央区新川2-5-2
TEL:03-5541-5803(田中)

株式会社ナカボータック
NAKABOTECK