

さび

150



日本防蝕工業株式会社

さ び 第 150 号

目 次

ご挨拶	1
日本防蝕工業株式会社 代表取締役社長 岩崎 順三	
日防のコンクリート中鋼材のモニタリング技術	2
日本防蝕工業株式会社 エンジニアリング部 山本 悟	
土壌中に縦埋めされた亜鉛めっき鋼管柱の健全度評価法の開発	5
日本防蝕工業株式会社 技術研究所 阿部 健	
エンジニアリング部 山本 悟	
広域営業部 小袋 正幸	
東京支店 伊藤 善夫	
北海道支店 近藤 充浩	
〃 岡林 弘明	
電気事業連合会（元 北海道電力株式会社） 橋田 修吉	
アラノードⅢの DNV 法による流電陽極性能試験結果	10
日本防蝕工業株式会社 技術研究所 田代 賢吉	
大阪支店 前薊 優一	

日本防蝕工業株式会社「さび」編集室

平成 29 年 1 月 発行（非売品）

©2017 The Nippon Corrosion Engineering Co., Ltd.

ご挨拶



日本防蝕工業株式会社

代表取締役社長 岩崎 順三

皆様方におかれましては、健やかに新年をお迎えになられたこととお慶び申し上げます。

この度、私は当社取締役社長を拝命し、昨年 12 月 1 日に就任いたしました。

当社は社会への貢献を使命として「優れた防食技術を活かし、社会と生活の安全に貢献する」ことを経営理念に、一層の技術開発と事業展開を以て皆様方にご満足いただける製品とサービスの提供に努めてまいります。今後ともより一層のご愛顧を賜りますようお願い申し上げます。

また、当社の技術開発の成果を発表させていただく技術情報誌『さび』をご愛読いただきまして、誠に有難うございます。この度、第 150 号を発刊することができましたのも、ひとえに皆様方のお力添えのおかげと感謝申し上げます。

さて、昨年度の業績は港湾・漁港施設の老朽化対策および震災復興案件に携わることができたことや、民間港湾施設のコンクリート案件の新規受注等により、受注高・完成高ともに昨年度並の業績を残すことができました。今年度も港湾・漁港施設、水道施設の長寿命化需要が引き続き堅調に推移するものと予想されます。中でも、特に民間港湾施設の維持管理・耐震化対策はさらに活発化していくものと思われまので、社員一同、一丸となって取り組んでいく所存でございます。

今回お届けする技術報告は「日防のコンクリート中鋼材のモニタリング技術」と「土壌中に縦埋めさ

れた亜鉛めっき鋼管柱の健全度評価法の開発」の 2 件で、さらに当社の主力製品アラノードⅢをご紹介します。

・日防のコンクリート中鋼材のモニタリング技術

当社はコンクリート中鋼材の腐食防食に関しても様々なニーズに応えて来ました。その結果、腐食センサ CS、ひび割れセンサ、コロージョンハンターおよび電気防食用遠隔監視制御システムを開発しましたのでご紹介いたします。

・土壌中に縦埋めされた亜鉛めっき鋼管柱の健全度評価法の開発

送電設備に使用されている亜鉛めっき鋼管柱の健全度を評価する手法として、地表面における自然電位の分布、土壌の通気性などのデータを用いて簡易に評価できる方法を考案し、実地においてその手法の有効性を検証しました。その結果、本手法によって、実地にて容易にかつ非破壊に鋼管柱の健全度を評価できることが分かりましたのでご紹介いたします。

・アラノードⅢの DNV 法による流電陽極性能試験結果

海洋環境で使用される流電陽極の一つとして、当社の主力製品であるアラノードⅢがあります。この度、DNV-RP-B401(2010) Annex C による陽極性能試験結果を得ましたのでご紹介いたします。

今後とも、皆様方のご支援、ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

日防のコンクリート中鋼材のモニタリング技術

日本防蝕工業株式会社 エンジニアリング部 山本 悟

1. はじめに

わが国の社会資本の内、1960年代の高度成長期に建設されたものの多くが建設から50年以上を経過しようとしている。現在、これらの構造物の老朽化が始まっており、今後はこれらを効果的に維持管理する必要がある。すなわち、①現状把握、②今後の劣化予測および③優先順位を含めた補修計画の立案が重要である。そのためには構造物の状態を経時的に監視し、将来予測をすることが不可欠である。わが社は1980年代からコンクリート中鋼材の腐食防食に関するモニタリング技術を開発してきた。本稿では、これらの技術が社会資本の維持管理に、さらに役立てられるように、またこれからの技術開発の一助になるように、これまでの日防のモニタリング技術を紹介する。

2. コンクリート中鋼材腐食の特徴

硬化前コンクリート（生コン）を型枠内に打設すると鋼材下面でブリーディング（水の分離）を生じ、鋼材面と硬化コンクリートの間に粗な組織を形成することがある。また、型枠面から鋼材表面までの距離は「かぶり」と呼ばれるが、施工時に設計通りのかぶりが確保されない箇所では後述する腐食因子が供給されやすく、鋼材の腐食原因になる。硬化したコンクリートは多孔質なため、酸素ガス、水、塩化物イオン、二酸化炭素ガスなどの物質が浸透しやすく、コンクリート中鋼材の腐食因子となる。また、コンクリートが固体であることから海水のような溶液と異なって、コンクリート中の水溶液が自然対流や拡散によって容易に移動できないという特徴があり、鋼材表面にとっては不均一な環境が形成されやすい。

塩害によってコンクリート中の鉄筋が腐食する様子を図1に示す。

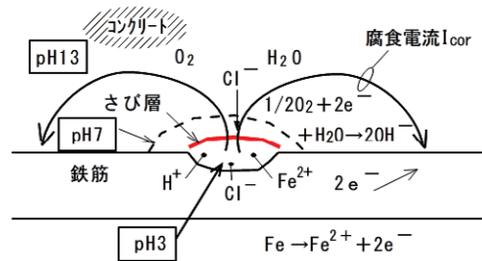


図1 塩害を受けた鋼材の腐食進行図

3. コンクリートのモニタリング技術

3.1 腐食センサ CS

腐食センサ CS はコンクリート中に浸透した塩化物イオンなどの腐食因子を検知するもので、腐食因子の浸透深さをモニタリングできる。構造は図2の上を示すように、モルタル製の支持体に太さが0.1mmの検出線（鉄線）を複数本固定したものである。検出の原理は図2の下に示すように、浸透した塩化物イオンが腐食濃度以上になると検出線が腐食によって断線し、検出線の両端に電位差を生じる。同様な目的に使用される従来のセンサとして、鉄の薄膜を樹脂製の基板にめっきしたものがある。これは薄膜の抵抗

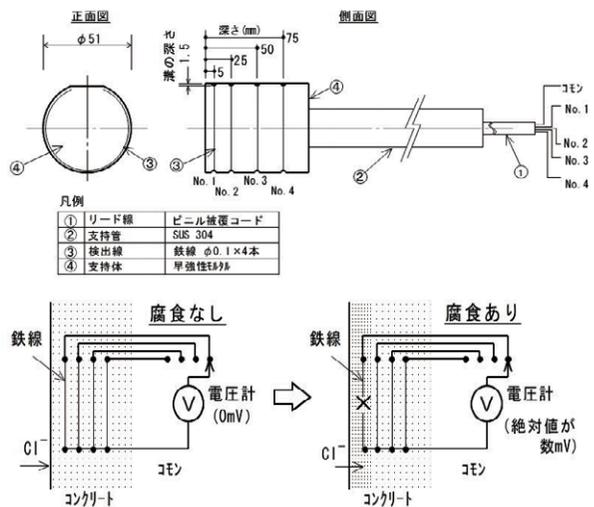


図2 腐食センサの構造と原理

を測定することによって膜厚を検知し、腐食速度を算出するものであるが、コンクリート中では鋼材が不均一に腐食するため平均的な膜厚を求め難く、腐食の判定が難しいという問題があった。また、測定値はセンサの温度やリード線の長さによる補正が必要であり、センサの構造が複雑になる。これに対し、腐食センサ CS は、検出線の切断によって腐食を検知するので判定が容易で、構造も簡単である。長大橋の橋脚に施工した例¹⁾を図3に示す。

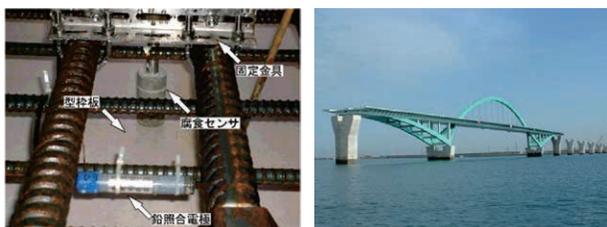


図3 腐食センサ設置状況および建設中の橋脚

3.2 ひび割れセンサ

コンクリートのひび割れは、水、塩化物イオン、二酸化炭素ガスなどの腐食因子の侵入を容易にするため、鋼材腐食にとって非常に有害である。観察されたひび割れが今後も進展するかどうかをモニタリングすることは非常に重要である。なお、塩害環境下では腐食に影響するひび割れ幅の目安は0.2mm以上とされている。

わが社で開発したひび割れセンサは、図4に示すようにひび割れ幅 w を電氣的

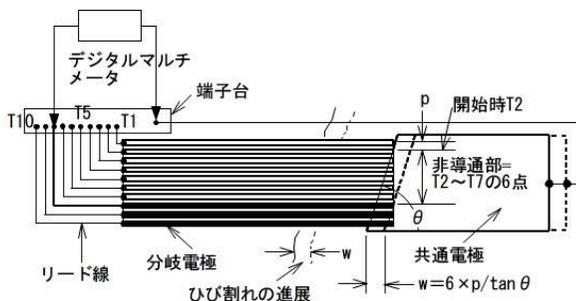


図4 ひび割れセンサの原理図

な接点で読むもので、リード線を用いることによって読み取りが難しい箇所への適用が可能である。また、測定はデジタルマルチメータの抵抗モードまたは電圧モードを利用できることから、安価な測定が可能である。特に、データロガーを用いれば、アルカリ骨材反応 ASR の進展状況など、連続測定ができる。

4. コンクリート中鋼材の腐食モニタリング技術

4.1 自然電位法の原理

自然電位法はコンクリート中鋼材の非破壊検査法として 1970 年代から盛んに採用されており、わが国では 1988 年に初めての腐食診断方法(案)が作成された。自然電位法は測定方法が簡単であることから多くの実績がある。自然電位の測定は、図5に示すようにコンクリート中の鋼材の一部をはつり出し、デジタルマルチメータの直流電圧モード(電位差計)で、プラス端子を鋼材にマイナス端子を照合電極に接続した状態で、照合電極をコンクリート面上で移動させて自然電位の分布を調べる方法ならびに、照合電極を補修モルタルなどでコンクリート中に埋設し、その箇所における自然電位の経時変化を調べる方法がある。

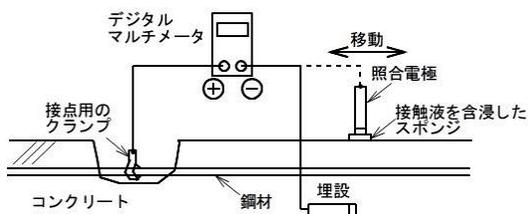


図5 自然電位の測定方法

なお、コンクリート表面の電位は図6に示すように、マクロセルの電流線と直角に生じる電位線の値なので鋼材表面直上の電位と異なる場合が多い。しかし、腐食箇所を非破壊に検出する目的では自然電位法は簡便かつ有効である。

4.2 照合電極

照合電極は、金属および電解質から構成され、金属の表面状態および電解質の成分が変化しないものが優れており、特にコンクリート中に埋設しても長期にわたり安定した電位を維持することが必要である。わが社が開発した鉛照合電極は、電解質がコンクリートと同程度のアルカリ性であるためコンクリート中に埋設しても安定した電位を長期にわたって示すことから、わが国では使用実績が最も多くまた、使用数量も最も多い。

4.3 腐食速度測定法 (CIPE 法)

コンクリート中鋼材の腐食速度測定法として CIPE (Current Interrupted Polarizing Extrapolation Method) 法を開発した²⁾。CIPE (サイプ) 法は、コンクリート表面に対極および照合電極を設置し、段階的にかつ断続的な微弱電流を対極から鋼材へ流し、その電位変化から求めたプロット図から腐食速度を計算する方法である。測定対象の面積が明確であれば腐食速度を正確に求めることができ、今後の腐食モニタリング技術として CIPE 法が主力になると期待される。

4.4 鉄筋腐食診断計 (コロージョンハンター II)

実構造物において①鉄筋の自然電位分布、②コンクリートの抵抗率および③CIPE 法を 1 台で測定できる、図 8 に示すような鉄筋腐食診断計も開発した。

4.5 電気防食効果のモニタリングシステム

コンクリート中鋼材の電気防食工法は、塩害対策の切り札として普及している。東京港大井コンテナバースでは、棧橋上部工に対して 20,000m² 以上、約 80 回路の大規模な電気防食³⁾を行っている。電気防食の防食効果は鋼材の電位測定によってモニタリングするが、このような大規模な施設では容易に電源装置にアクセスできないので、電話回線を用いた遠隔監視制御システムを導入する必要があった。わが社はこのニーズに応えるために、長年蓄積したノウハウを活かして図 9 に示すような遠隔監視制御システムを開発し、10 年以上の実績を有している。

<参考文献>

- 1) 山本悟、田代賢吉、多田茂雄、武若耕司：海上橋コンクリート製橋脚腐食モニタリングシステムの開発、構造物の診断と補修に関する第 15 回技術・研究発表会 論文集、pp. 31-35、(2003)
- 2) 山本悟、竹子賢士郎、高谷哲：コンクリート中鋼材の腐食速度測定方法 (CIPE 法) の開発、日防技術資料 さび 148 号、pp. 2-7、(2015)
<http://www.nitibo.co.jp/topics/>
- 3) 奥平幸男、関博、川田秀夫、藤松康裕：大型港湾施設の補修技術の現状 - 大井埠頭棧橋劣化の調査・補修の考え方 -、コンクリート工学、Vol. 39、No. 6、pp. 22-27、(2001)

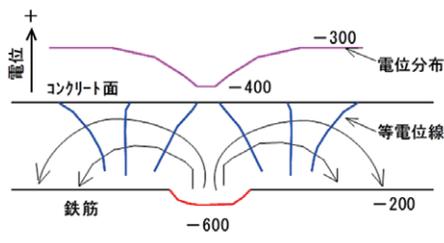


図 6 コンクリート表面における自然電位分布



図 7 棧橋における CIPE 法測定状況

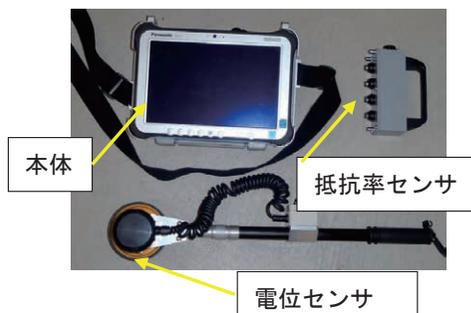


図 8 鉄筋腐食診断計 (コロージョンハンター II)



図 9 大規模棧橋で運用されている遠隔監視制御装置付き電源装置

土壌中に縦埋めされた亜鉛めっき鋼管柱の健全度評価法の開発

阿部 健¹, 山本 悟², 小袋 正幸³, 伊藤 善夫⁴, 近藤 充浩⁵, 岡林 弘明⁵, 橋田 修吉⁶

¹ 日本防蝕工業株式会社 技術研究所 , ² 日本防蝕工業株式会社 エンジニアリング部

³ 日本防蝕工業株式会社 広域営業部 , ⁴ 日本防蝕工業株式会社 東京支店

⁵ 日本防蝕工業株式会社 北海道支店 , ⁶ 電気事業連合会(元 北海道電力株式会社)

1. はじめに

亜鉛めっき鋼は、その優れた耐久性やコスト面から自動車、建築・土木および電気機器等の様々な分野で使用されている。この内、送配電柱や照明柱などでは、亜鉛めっき鋼管柱を土壌中に縦埋設して使用する。このような場合、埋設部はエポキシ樹脂系塗装が施されているが、長期埋設時の経年劣化による塗料の剥離、めっき層の消耗による下地鋼材の腐食進行が懸念されている。

土壌中に縦埋めされた亜鉛めっき鋼管柱における腐食診断は、現状では埋設部を掘削し、外観目視および肉厚測定等によって行っているが、このためには大規模な掘削が必要であり、労力やコストを要することが課題となっている。そこで、筆者らは、地表面における亜鉛めっき鋼管柱の自然電位分布および土壌通気性を調べ、非掘削で簡易に、「表面状態」および「埋設土壌の腐食性」を推定し、これらの結果を組み合わせることで精度良く健全度を評価する手法を開発した。

本報では、実構造物に対して、これらの手法を用いて測定を行った。その後、亜鉛めっき鋼管柱を掘り上げ、表面および周辺土壌の観察結果と比較して、本手法の適用性を確認したので報告する。

2. 表面状態および土壌腐食性の評価方法

2.1 地表面電位分布測定による亜鉛めっき鋼管柱の表面状態の評価方法

地表面における亜鉛めっき鋼管柱の自然電位分布(以下、地表面電位分布と呼ぶ)測定の原理を図1に示す。亜鉛めっき鋼管柱の表面状態が不均一な場合、図1のようなマクロセル電流が発生する。このとき、マクロセル電流線に直交するように等電位線が発生し、地表面に電位分布が現れる。本手法では亜鉛めっき鋼管柱付近の地表面に照合電極を設置し、等間隔で遠ざかるように地表面における電位分布を測定することで亜鉛めっき鋼管柱の表面状態の評価を行う。

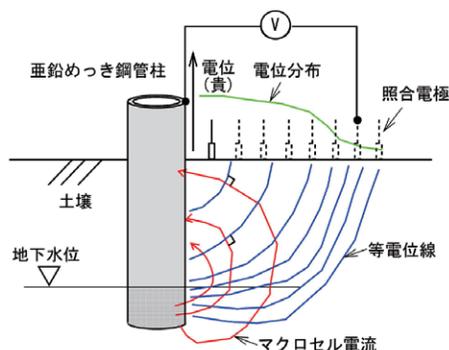


図1 地表面電位分布測定の原理

2.2 土壌腐食性(土壌通気性)の評価方法

以前に、SS400鋼の腐食速度と土壌通気性の関係を調べた結果を図2に示す¹⁾。ここで、図中の飽和度とは、各土壌の飽和含水率に対する含水率の百分率である。図2から、飽和度が20~90%程度の範囲では飽和度が高くなる程、腐食速度が高くなる傾向であった。このことから、飽和度が高い程、腐食に必要な水分を多く含み、腐食しやすいことがいえる。しかし、土壌中の水分が飽和状態(飽和度100%)の場合、腐食速度は非常に低くなった。これは、土壌中の空隙に水分が充填され、腐食に必要な酸素の供給性(通気性)が悪いためと考えられる。このことから、土壌中の腐食性を把握する上で通気性を評価することは重要であるといえる。

土壤通気性は、図3に示すように、先端に裸のSS400鋼と亜鉛めっき鋼を取り付けた土壤通気性評価用電極を亜鉛めっき鋼管柱近傍の深さ0.5mに差し込んで埋設し、先端に取り付けたそれぞれの鋼材の自然電位(CSE基準)から評価する。例えば、SS400鋼の自然電位は、図4に示すように、飽和度が高くなるほど卑な値を示すことから¹⁾、逆に自然電位から土壤通気性を評価することができるといえる。



図3 土壤通気性評価用電極の外観

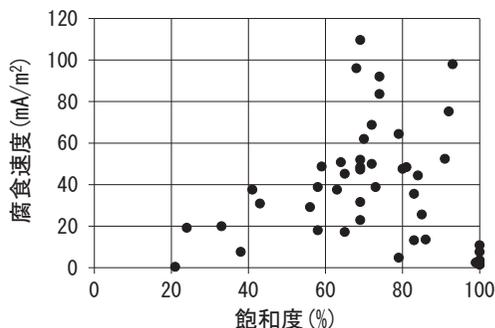


図2 腐食速度と飽和度(通気性)の関係

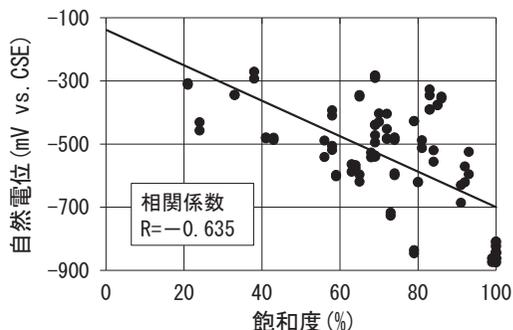


図4 SS400鋼の自然電位と飽和度の関係

3. 評価基準例

測定結果から亜鉛めっき鋼管柱の健全度評価をより容易にするため、評価基準を検討した。以下にそれぞれの評価項目ごとの基準例を示す。このとき、評点が大きい程、腐食状態および環境は「厳しい」とした。

3.1 地表面電位分布測定による亜鉛めっき鋼管柱の表面状態の評価基準例

亜鉛めっき鋼管柱の表面状態の評価基準例を表1に示す。この評価基準を用いて自然電位 E_{cor} および地表面電位分布 E_{dis} 測定結果から表面状態を評価した。

SS400鋼片および亜鉛めっき鋼片を黒ボク土中に長期間埋設した時の自然電位の経時変化を図5に示す²⁾。このときの土質は、通気性が良い「自然含水」および水分が飽和状態で通気性が悪い「冠水」の2種類に調製した。図5から、SS400鋼片の最卑値が -800mV vs. CSE (以下、 mV と略す)程度、亜鉛めっき鋼片の最貴値が -850mV 程度であった。そのため、 -800mV より卑な場合は「亜鉛めっき健全(評点1)」、貴な場合は「下地鋼材露出(評点2)」とした。ただし、地表面電位分布の最貴値と最卑値の差 ΔE が小さい場合($\Delta E \leq 50\text{mV}$)に限るとした。

地表面電位分布で電位差が確認された場合、亜鉛めっき鋼管柱の表面状態が不均一となり、マクロセル腐食が発生している可能性がある³⁾。その電位差が 50mV より大きく、 100mV 以下であれ

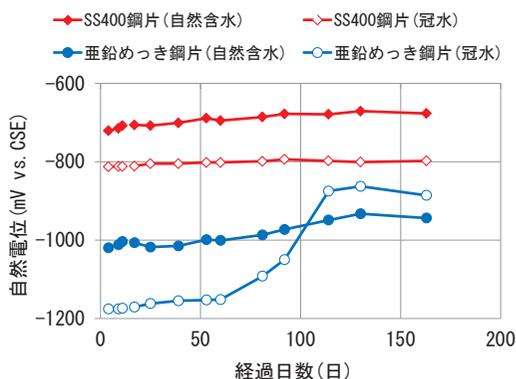


図5 各鋼片の自然電位の経時変化

ば「マクロセル：小(評点 3)」、100mV より大きい場合は「マクロセル：大(評点 4)」とした。

表 1 表面状態の評価基準例

評点	評価基準		表面状態
	E_{cor}	E_{dis}	
0	$E_{cor} > -400\text{mV}$ で機器の表示値が不安定	—	塗膜健全
1	$E_{cor} < -800\text{mV}$	$\Delta E \leq 50\text{mV}$	亜鉛めっき健全
2	$E_{cor} \geq -800\text{mV}$	$\Delta E \leq 50\text{mV}$	下地鋼材露出
3	—	$50\text{mV} < \Delta E \leq 100\text{mV}$	マクロセル：小
4	—	$\Delta E > 100\text{mV}$	“ : 大

3.2 土壤腐食性の評価基準例

図 5 と同様の方法で川砂および黒ボク土中の各種鋼片の自然電位を調べた結果を表 2 に、土壤腐食性の評価基準例を表 3 に示す。図 4 で示したように鋼材の自然電位は、土壤通気性によって影響を受けたことから、表 2 の結果に基づいて表 3 のような土壤腐食性の評価基準を作成した。

表 2 から、自然含水土では、SS400 鋼片の自然電位は -665 から -715mV 、亜鉛めっき鋼片は -1020 から -1061mV の貴な値を示した。一方で、土壤の空隙に水分が充填し、通気性が悪い冠水土では、SS400 鋼片は -812 から -840mV 、亜鉛めっき鋼片は -1176 から -1187mV の卑な値を示した。したがって、土壤通気性評価用電極の自然電位が SS400 鋼は -750mV および亜鉛めっき鋼は -1100mV を基準値とし、基準値より卑な場合は「通気性：悪」、基準値より貴な場合は「通気性：中程度」とした。また、土壤が乾燥している場合では土壤中に空隙が多く存在し、通気性が中程度の土壤より電位が貴な値を示すことが考えられる。そこで、SS400 鋼の自然電位が -600mV 、亜鉛めっき鋼片は -1000mV より貴な値を示す場合は「通気性：良」とした。

表 3 では、通気性の判定結果から土壤腐食性を評価するため、下記のような 3 段階の評点とした。鋼材の腐食が進行するためには酸素と水分が必要であるが、「通気性：悪」の土壤では、酸素の供給性が悪く、腐食は発生しにくいいため、安全側の評点 1 とした。一方で、「通気性：良」の土壤では酸素の供給性は良いが、水分が少ないため腐食性の評点は 2 とした。「通気性：中程度」の土壤では酸素の供給性が良く、水分が含まれているため腐食しやすいと考え、危険側の評点 3 とした。

表 2 各種土壤での鋼材自然電位

鋼種	自然電位 (mV vs. CSE)			
	川砂		黒ボク	
	自然含水	冠水	自然含水	冠水
SS400 鋼	-665	-840	-715	-812
亜鉛めっき鋼	-1061	-1187	-1020	-1176

表 3 土壤腐食性の評価基準例

腐食性 評点	評価基準		通気性
	SS400 鋼	亜鉛めっき鋼	
1	$E_{Fe} < -750\text{mV}$	$E_{Zn} < -1100\text{mV}$	悪
2	$E_{Fe} > -600\text{mV}$	$E_{Zn} > -1000\text{mV}$	良
3	$-750\text{mV} \leq E_{Fe} \leq -600\text{mV}$	$-1100\text{mV} \leq E_{Zn} \leq -1000\text{mV}$	中程度

4. 実構造物による適用性確認試験

4.1 地表面電位分布測定による亜鉛めっき鋼管柱の表面状態の評価結果

実際に土壤中に埋設された亜鉛めっき鋼管柱の2ケース（以下、それぞれ No.1 および No.2 と呼ぶ）で試験を行った。No.1 および No.2 の地表面電位分布を図 6 に示す。設置場所は、それぞれ、No.1 は北海道士別市の山地、No.2 は北海道石狩市の田園地帯である。

図 6 に示すように、No.1 の電位分布は、 -900mV 程度の卑な値で一定値を示したことから、マクロセル形成の原因になる電位差が少なく、かつ表面に亜鉛めっきが残存していたと

考えられる。このような場合、評点 1 で腐食の可能性は低いと判定した。No.2 では、地表面における電位分布は、距離が離れると少しずつ卑化した。その電位差は最大で 100mV 以上であったため、マクロセルを形成し、腐食の危険が高い評点 4 と判定した。

測定後に掘り上げた No.1 および No.2 の表面の写真を図 7 および図 8 に示す。No.1 では、表面に亜鉛めっきが残存し、腐食は確認されなかった。No.2 では、深さ 1.0m 付近で腐食貫通孔が確認された。No.2 の埋設土壤を掘削すると、深さ 1.2m 程度で地下水が発生したことから、地中部では地表面付近に比べてより通気性が悪く、地表面に近い部分と深い部分でマクロセルを形成したと考えられる。これらのことから、地表面電位分布測定による表面状態の判定結果と表面観察の結果が一致し、本手法で亜鉛めっき鋼管柱の表面状態を評価できることが明らかになった。

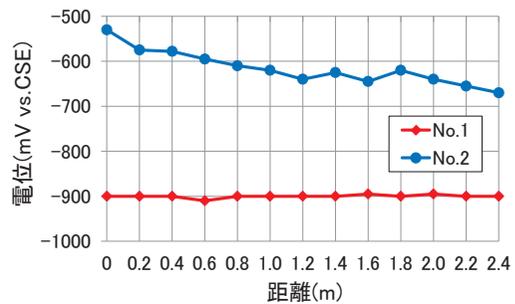


図 6 地表面電位分布



図 7 No.1 表面状態(評点 1)



図 8 No.2 表面状態(評点 4)

4.2 土壤腐食性の評価結果

北海道江別市において実際に 2 ヶ所(以下、P1 および P2 と呼ぶ)で土壤腐食性の評価を行った。測定結果を表 4 に示す。表 4 から、P1 では「評点 3(通気性：中程度)」、P2 では「評点 1(通気性：悪)」であった。P1 および P2 の近傍を掘削し、観察した写真を図 9 および図 10 に示すが、P1 に比べ、P2 は粘土質であり、更に掘り進めると地下水が発生したことから、通気性の悪さがわかった。このように、P1 および P2 における判定結果および観察結果は一致し、本評価法から土壤通気性を評価することができた。

表 4 土壤腐食性評価結果

試験場所	鋼種	自然電位 (mV vs. CSE)	通気性	腐食性 評点
P1	SS400 鋼	-650	中程度	3
	亜鉛めっき鋼	-1044		
P2	SS400 鋼	-765	悪	1
	亜鉛めっき鋼	-1121		



図 9 P1 周辺土壤



図 10 P2 周辺土壤

5. 亜鉛めっき鋼管柱の総合的な健全度評価

亜鉛めっき鋼管柱の総合的な健全度評価基準(案)を表 5 に示す。上記の通り、「地表面電位分布」および「土壤通気性の評価」は、それぞれを適用しても表面状態および土壤腐食性の評価が可能であるが、表 5 のように評点を合計することで亜鉛めっき鋼管柱の総合的な健全度を評価ができる。この表 5 では、表 1 および表 3 の評点合計から健全度を 4 段階に分け、講じるべき対策も示した。

表 5 総合的健全度評価基準(案)

健全度 ランク	評点 合計	内容	対策
I	2 以下	健全	なし
II	3、4	腐食は発生しているが緊急性はない。	継続的な点検もしくは予防保全的な防食対策を実施する。
III	5、6	腐食が顕在化している。	防食対策を実施する。
IV	7	腐食が著しいので更新する。	更新時にランク III と同様な防食対策を実施する。

6. まとめ

土壤中に縦埋めされた亜鉛めっき鋼管柱において本評価手法を適用したところ、「表面状態」および「土壤腐食性」を評価することができた。また、これらを組み合わせ、講じるべき対策を示した総合的な健全度評価基準(案)を確立した。今後も本健全度評価法を適用し、実際の亜鉛めっき鋼管柱の掘削調査結果と照合することで、評価基準の精度を向上させたい。

参考文献

- 1) 阿部健,山本悟:普通鋼及びステンレス鋼の土壤中における腐食特性の研究,防錆管理 vol.59,No.3,p.7~12(2015).
- 2) 阿部健,山本悟,伊藤善夫,小袋正幸,近藤充浩,橋田修吉,吉田隆:土壤中に埋設した亜鉛めっき鋼の電位貴化に関する実験的検討,第 35 回防錆防食技術発表大会講演予稿集 p.37~42(2015).
- 3) 阿部健,橋田修吉,小袋正幸,岡林弘明,斎藤達哉,山本悟:地表面電位分布を用いた土壤中亜鉛めっき鋼管柱の腐食診断手法の検討,材料と環境 2016 講演集 p.43~46(2016).

アラノードⅢの DNV 法による流電陽極性能試験結果

日本防蝕工業株式会社 技術研究所 田代 賢吉
 ※日本防蝕工業株式会社 大阪支店 前菌 優一
 (※前エンジニアリング部長)

1. はじめに

国内の流電陽極性能は腐食防食学会法（以下、JSCE 法）¹⁾により評価されている。その結果は防食・補修マニュアル²⁾にも反映されており、国内の陽極性能試験の標準となっている。一方、世界的には DNV-RP-B401（以下、DNV 法）³⁾に示されている試験方法が標準的である。DNV 法には 2 種類の陽極性能試験方法が示されている。Annex B（付属書 B）法は鋳造製品の品質を確認する QC テストであり、4 日間の短期試験である。Annex C（付属書 C）法は 1 年以上の長期試験であり、防食設計にはこの方法により得られた陽極性能を使用するように DNV 法では推奨されている。当社では付属書 B 法は実施したことがあるが、付属書 C 法を実施したことはなかった。今後、国内においても大規模案件の国際競争入札となる場合が考えられ、DNV 付属書 C 法による陽極性能が求められる可能性がある。そこで、当社でもアラノードⅢの付属書 C 法による試験を DNV GL Bergen 研究所に依頼し、アラノードⅢの陽極性能試験結果を得ることとした。

2. 試験陽極

アラノードⅢTA20-3.0A 製品質量 108kg

試験期間 2015/04/21～2016/04/25

試験陽極の合金成分を表 1 に示す。

表 1 試験陽極の合金成分

	合金成分 [重量%]				
	Zn	Mg	In	Fe	Al
自社分析値	3.54	1.01	0.019	0.045	残部
DNV 分析値	3.28	0.99	0.017	0.05	残部

3. 試験方法

製品から試験片を 5 本採取し、DNV 付属書 C 法のガルバニックカップル試験 (Free-Running test) で行った。海水の交換速度は 1L/min. とした。なお、試験陽極の鋳造は当社小田原工場で行い、試験片のサンプリングから試験後の評価までを DNV GL Bergen 研究所（ノルウェー）に依頼した。

4. 結果

試験結果を表 2 に示す。JSCE 法の通電電流密度 1mA/cm²より電流密度の小さい長期間のガルバニックカップル試験にもかかわらず、JSCE 法と同等の陽極性能が得られた。

表 2 試験結果 (5 本平均)

試験陽極	平均有効電気量 [A・h / kg]	有効電気量の 標準偏差 [A・h / kg]	平均陽極閉路電位 [mV vs. SSE] (mV vs. SCE)	平均陽極電流密度 [A / m ²] (mA/cm ²)
アラノードⅢ (TA20-3.0A)	2638	12	-1058 (-1103)	0.52 (0.052)

5. まとめ

アラノードⅢの DNV 付属書 C 法による試験結果は、防食・補修マニュアルの陽極性能を満たしており、海外陽極に十分対抗できる結果を得た。

【参考文献】

- 1) 流電陽極試験法 JSCE S-9301、(公社)腐食防食学会、(1993)
- 2) 港湾鋼構造物 防食・補修マニュアル (2009 年版)、p.70、(一財)沿岸技術研究センター
- 3) Recommended Practice DNV-RP-B401(2010) Cathodic Protection Design, Det Norske Veritas

STATEMENT

**DNV GL Doc No:
1KOPUBH-3**

Manufacturer: **THE NIPPON CORROSION ENGINEERING CO., LTD**
 Location: **1-21-12 Showa-bld., Minami-kamata, Oota-ku, Tokyo, 144-8555, Japan**
 Reference Standard: **DNV-RP-B401 (2010), Annex C**

This is to state:

that the summary of the long term anode test according to the above mentioned standard for an Al-Zn-Mg-In sacrificial anode manufactured by the above mentioned manufacturer is as follows:

- Test location: DNV GL Bergen
- Test specimens: Al-Zn-Mg-In material from TA20-3.0A (Batch No. 10732)
- Test conditions: Exposure to the natural seawater at 7 - 20 °C for a period of 12 months
- Mean capacity: 2638 ± 12 Ah/kg
- Mean anode potential vs. KCl-saturated Ag/AgCl: -1.058 V

Details of test performed:

The details of the above test can be found in the DNV GL reference document referred below.

Validity:

This statement is valid on the date of issue.

DNV GL reference document:

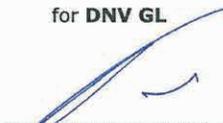
- Long term anode testing of one Al-Zn-Mg-In based alloy according to DNV-RP-B401 (2010), Annex C (Report No.: 2016-5182, Rev. 0)

Issued at **Yokohama** on **2016-08-22**



Akifumi Kubo
Technical Consultant

for **DNV GL**



Katsunori Takahashi
General Manager of DNV GL Oil & Gas Japan

製品紹介

臨海プラント海水ライン防汚装置

省エネ海水電解防汚装置：SP型

臨海プラント工場等の海水ライン防汚を目的とした海水電解装置は**大電流**で電解するため設備投資費用が**高く**電力消費量も**大きい**等の問題がありました。

日本防蝕工業(株)は、およそ半世紀に渡り海水電解方式の海洋生物付着防止装置を3,000基以上製造、販売してきた実績のもと、初期費用を抑え低ランニングコストを実現した**省エネ**海水電解防汚装置をご提供します。



SP06-KF 型 「塩素発生量：9.4kg/h」

電解槽

SP06-KA (塩素発生量：1.57kg/h) × 6 槽

設置寸法：

120W × 90D × 1,900H (cm)

SP06KA 重量：

20kg/樹脂製槽、33kg/金属製槽

電源装置

電力消費量：40kW

設置寸法：95W × 90D × 165H (cm)

重量：700kg

省エネ海水電解防汚装置：SP型の特徴(従来品との比較)

初期設置費用

電源装置、電解槽の小型化により搬入、設置場所が従来に比べ大幅に改善されております。

また、電解電流がおよそ従来品の1/20になるため電力配線系統の設置費用も安価です。

ランニングコスト

「メンテナンスフリー」

従来品は電解槽内部に発生する電解生成物等を除去するために定期清掃を必要としておりましたが、SP型は自社開発による電解生成物付着防止機構を採用し、メンテナンスフリー*です。

*メンテナンスフリー：ただし、2年程度を目途に当社立会による点検確認をご推奨します。

「陽極更新作業」

重機不要、電解槽(SP06-KA)の重量が20kg(樹脂製)、33kg(金属製)と軽量ですので、作業員1~2人、所要時間半日程度と経済性に優れています。

「電力費用」

電源装置の変換効率が高く、従来品比較で電力費用の約**48%低減**を実現しています。

例：塩素発生量9.4kg/hの電力使用量は従来77kWでしたが本装置は40kWで年間電力費用換算すると約**500万円**低減できます。(16円/kWh換算；当社比)

製品紹介

HACCP対応

セサイルガード® Jr II

海水電解二次殺菌装置

セサイルガードは、水産加工場や魚市場で使用する海水を電気分解し、生成させた次亜塩素酸で海水を殺菌することによって水産物の衛生管理を向上させる装置です。従来の紫外線タイプの装置では、海水自体は殺菌されても当該作業場の床や使用する器具等の殺菌については十分でない場合があります。

この対応策として「海水電解装置 セサイルガード Jr II」が開発されました。海水電解の電解レベルを上げて処理した海水で床や器具等を洗浄することにより、効果的に殺菌できる装置です。

設置工事也不必とせず、当該作業場の端末海水蛇口にホースを接続するだけで使用が可能で、運転方法も家電製品の感覚で簡単にご使用いただけます。

衛生管理のグレードアップ

通常海水を電気分解して効果的な殺菌力を付与します。
水産作業場の品質管理レベルが向上します。

床も使用器具も積極的に殺菌

作業場床面・魚箱の洗浄・殺菌。
ベルトコンベアー・選別機の洗浄・殺菌。
陳列台・陳列シートの洗浄・殺菌。

安価なコスト・簡易な運用

海水配管の蛇口に接続するだけで使用できます。
設置工事が不要です。
簡単に移動ができます。



全国を網羅するサービスネットワーク

- 北海道地区 ●北海道支店
〒060-0807 札幌市北区北七条西 1-1-2 (SE 札幌ビル 6 階)
TEL (011) 736-6591 FAX (011) 736-6593
- 東北地区 ●東北支店
〒980-0804 仙台市青葉区大町 2-15-28 (藤崎大町ビルディング 1 階)
TEL (022) 264-5511 FAX (022) 265-6506
- 関東甲信越地区 ◎本社
〒144-8555 東京都大田区南蒲田 1-21-12 (昭和ビル)
TEL (03) 3737-8400 FAX (03) 3737-8479
- 広域営業部 (本社内)
TEL (03) 3737-8441 FAX (03) 3737-8459
- 東京支店 (本社内)
TEL (03) 3737-8450 FAX (03) 3737-8458
- 千葉営業所
〒260-0834 千葉市中央区今井 1-20-1 (Y's21 ビル 2 階)
TEL (043) 263-2118 FAX (043) 263-2558
- 新潟営業所
〒950-0086 新潟市中央区花園 2-1-16 (三和ビル 3 階)
TEL (025) 244-0911 FAX (025) 247-6030
- 中部地区 ●名古屋支店
〒464-0075 名古屋市千種区内山 1-10-10
TEL (052) 735-3481 FAX (052) 735-3480
- 四日市営業所
〒510-0093 四日市市本町 1-1 (服部ビル 3 階)
TEL (059) 351-7163 FAX (059) 353-8599
- 関西地区 ●大阪支店
〒530-6004 大阪市北区天満橋 1-8-30 (OAP タワー 4 階)
TEL (06) 6356-9800 FAX (06) 6356-9820
- 神戸営業所
〒651-0085 神戸市中央区八幡通 4-1-38 (東洋ビル 7 階)
TEL (078) 242-2535 FAX (078) 242-5426
- 本四営業所
〒700-0818 岡山市北区蕃山町 4-5 (岡山繊維会館 2 階)
TEL (086) 227-0280 FAX (086) 235-4450
- 中国地区 ●中国支店
〒730-0051 広島市中区大手町 5-1-1 (大手町ファーストビル 3 階)
TEL (082) 243-2720 FAX (082) 248-2364
- 徳山営業所
〒745-0073 周南市代々木通り 1-30 (山陽ビル 4 階)
TEL (0834) 31-3762 FAX (0834) 31-3791
- 九州地区 ●九州支店
〒810-0013 福岡市中央区大宮 1-4-34 (五常物産ビル 2 階)
TEL (092) 523-8001 FAX (092) 523-8002
- 沖縄営業所
〒900-0006 那覇市おもろまち 4-10-18 (タカダ新都心マンション 2 階)
TEL (098) 862-0226 FAX (098) 864-2383