

港湾施設に適用した電気防食システムの維持管理に関する研究

小林, 浩之

<https://doi.org/10.15017/1441181>

出版情報：九州大学, 2013, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済



(論文様式2)

論 文 要 旨

区 分	甲	氏 名	小林 浩之
論文題名： 港湾施設に適用した電気防食システムの維持管理に関する研究			

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、電気防食が適用された港湾施設の維持管理を効率的かつ適正に行うことを目的とし、鋼構造物とコンクリート構造物に対して適用した電気防食システムの維持管理上の課題について、実験室内試験および実構造物試験によりその解決を行ったものである。本論文は、第1章から第5章までで構成した。本論文の構成と概要を以下に示す。

第1章では、本研究の背景および目的について述べ、本研究の位置づけを整理した。

第2章では、港湾鋼構造物の電気防食特性および電気防食システムの維持管理手法および港湾コンクリート構造物の電気防食特性および防食評価手法に関する既往の研究を整理し、本研究の位置付けを明確にした。

第3章においては鋼構造物に関する試験結果を、第4章においてはコンクリート構造物に関する試験結果をまとめた。

第3章では、港湾鋼構造物に適用された流電陽極方式の電気防食システムの維持管理手法について検討した。現在、流電陽極方式の電気防食システムについては計画的な陽極の更新は行われておらず、設計耐用年数が近づいたところで詳細調査を行い、更新時期が決定されている。しかしながら、システム寿命を左右するアルミ陽極の電流低減率は施設が置かれている環境条件によって大きく異なるため、詳細調査の実施時期を適切に定めることも難しいのが実状である。そのため、施設の防食状態と電気防食システムの寿命を適切に把握するための、低コストかつ簡便な評価手法の開発が求められている。そこで、本研究において、実構造物の電気防食試験データからアルミ陽極の消耗量を簡便に推定する方法を検討した。その結果、実施設のカソード電位とアノード電流の関係 (E_c-I_a 線) を適正に評価することができれば、定期点検で実施される電位測定から10%以内の誤差で陽極の消耗量が推定できることを見出した。さらに、実施設のカソード電位とアノード電流の関係 (E_c-I_a 線) を適正に評価するためのアルミプローブを用いるアルミ陽極の発生電流の推定法を考案し、実構造物において実証試験をした結果、高い精度で実際に設置されているアルミ陽極の発生電流が推定できることを見出した。この結果を基に、実構造物のカソード電位ーアノード電流直線 (E_c-I_a 線)

とアルミプローブ法を組み合わせた新たなアルミ陽極の寿命推定法を考案した。

また、現在、アルミ陽極の更新時の電気防食設計においては、新設時と同様の考え方が適用されている。しかし、近年、現行設計を適用した電気防食システムの寿命が設計耐用年数を大きく上回ることが分かっている。これは、アルミ陽極の必要量を安全側で設計しているためであり、イニシャルコストの増大につながっている。更新時の鋼材の状態は、防食継続時における鋼材表面の電気化学特性の経時的な変化によって新設時と大きく異なる。よって、更新時の設計では施設の電気化学特性を考慮することで設計の合理化が実現できる。そこで、電気防食系を模擬した室内試験を実施し、その結果からアルミ陽極更新後の設計防食電流密度を定常カソード電流密度の2倍とする合理的な防食設計法を提案した。

第4章では、港湾コンクリート構造物に適用された外部電源方式の電気防食システムの防食設計、電気防食基準、電気防食効果の評価手法について検討を行った。コンクリート構造物に対する電気防食は主に道路橋に対して適用されてきたが、近年は港湾施設（栈橋上部工）に対しても適用されるようになった。その一方で、湿潤環境下におかれた港湾施設において、従来の電気防食基準を満足しないケースが生じるようになってきた。湿潤環境下では、防食電流により酸素を還元する直接的な効果と、pHの上昇による副次的な効果によって防食が成り立っている。特にコンクリート環境では後者の影響が強いため、初期は防食基準を満足しなくても、経時的な環境変化によって鉄筋は再不動態化し、時間をかけて防食状態とすることが可能である。そこで、コンクリート中鉄筋に電気防食を適用した場合の、鉄筋表面における経時的な塩化物イオン濃度の減少および pH の上昇を数値シミュレーションによって確認した。この結果をもとに、鉄筋表面の Cl^- と OH^- の濃度比 (r_w) がしきい値 (r_{crit}) 以下になるまでの期間 (t_d) を評価することによって通電電流密度を決定する新たな設計法を提案した。

また、電気防食が適用されている干満環境下のコンクリート中の鉄筋は、復極速度が極めて遅くなるために 100mV シフト基準を満足しないことが多い。このような場合には、電気防食基準として定められている -850mV vs.CSE (-725mV vs.Ag/AgCl (sat.KCl)) を満足できない場合でも腐食速度を大きく低減できることが分かっている。供給電流の低下は直流電源や難溶性電極への負荷の軽減に大きく寄与する。本研究では、再不動態化電位 E_R に着目し、この電位近傍の防食効果を確認した。その結果、アルカリ環境下における鋼材の E_R 値は -650mV vs.Ag/AgCl (sat.KCl) となった。この値は ISO や ASTM に示される防食電位の基準値とほぼ対応していた。さらに、鉄筋の電位を -600mV vs.Ag/AgCl (sat.KCl) 以下に維持することで腐食速度は 10 分の 1 以下に軽減されることを実験的に確認した。この結果に基づき、湿潤環境下にあるコンクリート構造物に対する防食電位の基準値を、-850mV vs.CSE (-725mV vs.Ag/AgCl (sat.KCl)) から -650mV vs.Ag/AgCl (sat.KCl) 程度に変更できる可能性を示した。

第5章では、本研究で得られた知見をまとめ、本論文の結論とした。