

京都大学	博士 (工学)	氏名	三 村 典 正
論文題目	塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物への 間欠通電方式による電気防食工法の適用に関する研究		
<p data-bbox="188 349 448 383">(論文内容の要旨)</p> <p data-bbox="172 434 1422 678">塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物への確実な補修としては電気防食工法が唯一の方法である。しかし、その防食電流の供給方法に課題を残している。本論文は、ソーラーパネルのみを電流供給源とし日中の通電での間欠通電方式による電気防食工法を提案し、実構造物へ適用するため、防食電流の制御方式や防食効果、適用範囲、設計方法などについて研究した成果を取りまとめたものである。本論文は全 5 章で構成されている。</p> <p data-bbox="172 730 1422 1189">第 1 章では、老朽化を迎える社会資本の急激な増加、人口減少および少子高齢化による労働者人口の減少や財政の緊縮化といった社会問題を背景に、維持管理が容易かつ確実に効果が発揮できる補修工法が求められており、電気防食工法は厳しい環境でも鋼材腐食を抑制できるため、鉄筋コンクリート構造物の長寿命化対策として注目されていることを述べている。ただし、電気防食工法には、防食回路の耐久性、電源供給の恒久性やコストなどの電流供給源を起因とする課題が残されている。そこで、それらの課題に対し、ソーラーパネルのみを電流供給源とした日中のみ通電する間欠通電方式による電気防食工法を提案し、本工法で鋼材の腐食を抑制できるシステムを確立できれば、電気防食工法をより実用的な補修工法とすることができることを述べている。そして、本工法を構造物に適用するためのシステムの構築、適用条件や適用範囲を把握し、構造物へ実装するための基準の確立を本研究の目的として挙げている。</p> <p data-bbox="172 1240 1422 1655">第 2 章では、前章の問題提起に基づき既往の研究をまとめ、塩害による鋼材腐食とその対策である鉄筋コンクリート構造物の電気防食工法に関し、その防食原理や種類、防食効果の判定基準などを調査し、それらの現状と課題を述べている。また、電気防食時の電流供給方法に関する既往の方法を示すとともに、近年の再生エネルギーの利用状況や利用方法、コストなどを整理し、ソーラーパネルのみを電気防食時の電流供給源とすることが、防食回路の耐久性、電源供給の恒久性やコストなどの電流供給源を起因とする電気防食工法の課題の解決手段として有効であることを示している。また、既往の間欠通電方式による電気防食の防食効果の確認事例を示し、ソーラーパネルのみを電流供給源とした日中のみ通電する間欠通電方式による電気防食工法を構造物へ適用するための課題や方向性を整理している。</p> <p data-bbox="172 1706 1422 2033">第 3 章では、ソーラーパネルのみを電流供給源とした日中のみ通電する間欠通電方式による電気防食工法を構造物へ適用するため、供試体を用いて実施した室内実験や屋外暴露実験により検討した基礎実験の検討内容を述べている。ソーラーパネルのみを電流供給源とした電気防食では日中のみ通電し、夜間は無通電の状態となるため、防食効果を一定に発揮し、評価できるように、ソーラーパネルの発電特性を考慮し、悪天候時も含め毎日の通電を可能とする最適なシステムの構築を行っている。その結果、電流供給源をソーラーパネルのみとしても、悪天候時を含め毎日通電できるシステムを構築することができたとしている。そして、小型供試体を用い、塩化物イオン量や暴</p>			

京都大学

博士 (工学)

氏名

三 村 典 正

露環境，陽極の種類などを変化させて暴露試験による検討を行い，構造物への適応条件を検討している．その結果，塩化物イオン量と陽極の種類により，防食効果が異なることを示し，防食回路の設計手法に組み込んだ．さらに，気温変化による腐食電流密度の変化に対し，通電調整時の温度を変化させ，屋外暴露試験で検討を行い，施工後の気温上昇を考慮した通電調整と気温上昇時に通電調整を実施する必要性を示している．また，水掛かり等による電流の集中が生じ，システムの耐久性低下が懸念される環境に関しても，小型供試体を用いた検討により水掛かりによる防食回路への影響やその影響を抑制するためにシラン系表面含浸材が有効であることを示している．そして，間欠通電方式による電気防食工法に適した防食回路を設計するため，FEM 解析を用いたシミュレーションによる検討を行い，実物大供試体を用いた実験結果との比較によりその実用性を検証している．

第 4 章では，第 3 章で検討したソーラーパネルを用いた間欠通電方式の電気防食工法を，実構造物である塩害環境下の道路橋や飛沫帯の栈橋に適用し，定期的な調査をもとに，その有効性と防食効果を常時通電方式との比較により検証した内容について述べている．その結果，ソーラーパネルを用いたシステムは実構造物においても，悪天候時を含め毎日防食回路への通電を継続できており，また，確実に鋼材の腐食抑制効果を発揮できていることを確認している．さらに，第 3 章での小型供試体を用いた通電調整時の温度環境による影響に関しても，電気防食による防食効果が鋼材表面の環境改善効果として発現する前に，気温上昇等により腐食電流が増加する方向へ環境が変化した場合，復極量が低下する可能性があることを実環境下でも検証でき，その現象を通電調整時の電流量の設定値に反映した．具体的には，第 3 章の小型供試体での防食効果確認実験では，防食効果を発揮する供試体はいずれも分極量 100mV 以上とする通電量で防食効果を発揮できていたが，実構造物では防食効果発揮前の気温上昇時に 70mV の復極量低下が確認されたため，通電量の設定値は分極量 150mV 以上とする通電量とした．また，防食回路を設計するための FEM 解析によるシミュレーションに関しても，飛沫帯の栈橋のデータを用いて検証し，実構造物に対してもシミュレーションが有効であることを示している．

第 5 章では，各章で得られた知見を要約し，ソーラーパネルを用いた間欠通電方式による電気防食工法を実構造物へ適用する際の適用範囲と適用方法を示すとともに，その適用手順の内容を述べている．適用範囲は，構造物の設置環境や部材，劣化度の他，鋼材付近の塩化物イオン量や適用する陽極によって異なることを示している．また，適用後の維持管理に関し，間欠通電方式とすることによる耐久性向上のほか，データロガー等で鋼材電位の経時変化を計測するだけで，日々必ず無通電状態のオフ電位が計測でき，防食効果の有効性が確認できることを述べている．

(論文審査の結果の要旨)

塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物への補修対策としては、現在は、電気防食以外には原理的に確実な方法がない。しかし、電気防食では電源の供給の恒久性とそのコストが問題となる場合が多い。本論文は、この問題を解決するための実用的な手段として、ソーラーパネルのみを電流供給源とした昼夜での間欠通電方式に関する課題を解決することを目的とするものである。

間欠通電方式による電気防食工法では、従来の方法と比較して所用の性能が発揮できるかどうか重要な課題となる。本論文は、現場実用性を重視した問題解決を目的として取り組んだ研究を取りまとめたものであり、本研究により得られた主な成果は以下の通りである。

1. 適用への最適なシステム構成：ソーラーパネルの発電特性を考慮したシステム構成を検討し、実用的なシステムを提案している。
2. 構造物の適用性：劣化度や設置環境のほか、鉄筋位置での塩化物イオン量により分類した条件ごとのシステムの設定を提案している。
3. 構造物への適用方法：間欠通電方式と環境変化を考慮した防食電流の制御の設定について、現場で起きると想定される気温、降水量等の諸条件を考慮した性能確認を行っている。
4. 防食回路の設計手法：汎用性を高めるため、シミュレーションによる防食回路の設計と水掛かり箇所への対処方法を示している。
5. 適用後の維持管理：通電量の低減による耐久性への悪影響の有無の判断と自動計測による維持管理性の向上策を検討し提案している。

以上、本論文は、塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物への補修対策として、ソーラーパネルのみの間欠通電方式による電気防食工法を実構造物へ実装化するための一連のシステムを解明しており、学術上、実務上寄与するところが多い。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年2月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。