

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	腐食ひび割れを有する鉄筋コンクリートの電気防食における合理的な前処理と適切な回路分けに関する研究
Title(English)	Streamlined Pretreatment and Appropriate Circuit Separation for Cathodic Protection on Reinforced Concrete with Corrosion-induced Cracks
著者(和文)	邊木 園慧
Author(English)	Akira Hekizono
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第338号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岩波 光保,高橋 章浩,佐々木 栄一,千々和 伸浩,丸山 泰蔵
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第338号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	邊木 蘭 慧		
		氏名	職名	氏名	職名	
論文審査 審査員	主査	岩波 光保	教授	審査員	丸山 泰蔵	准教授
	審査員	高橋 章浩	教授			
		佐々木 栄一	教授			
		千々和 伸浩	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

インフラの主要な構成要素である鉄筋コンクリート (RC) 構造物を健全な状態に維持管理することは、安全で安心な国民生活や社会の持続的発展の基盤である。塩害を受けた RC 構造物に対する補修対策として、電気防食が有効な手法として広く用いられている。電気防食は、部材表面近傍に設置した陽極からコンクリートを介して鉄筋に電流を供給することで腐食速度を低減させる防食法であり、腐食という電気化学反応そのものの進行を制御する特徴を持つ。そのため、酸素や水、塩化物イオンなどの腐食因子の浸透や蓄積の影響を受けにくく、既に鉄筋の不動態皮膜が破壊されて腐食が進行している場合でも防食可能である。また、防食効果を定量評価できる点も大きな利点である。

ただし、既設構造物に対する電気防食においては適切な前処理が不可欠である。既設構造物には、浮きや豆板、鉄筋表面の錆やコンクリートのひび割れなど、防食電流の流れを阻害し防食効果を損なう可能性のある部位が存在する。これらの阻害要因を事前に適切に処理することが求められ、これは電気防食の前処理と呼ばれる。一般的には、防食電流の阻害が懸念される部位をはつり取り、母材コンクリートと同程度の電気抵抗率を有するモルタルで断面修復を行うことが前処理の基本とされている。断面修復を前処理とした電気防食は、多くの施工実績の中で高い防食効果が確認されている。しかし、防食効果の阻害要因はその規模や防食効果への影響が様々であり、必ずしも断面修復が唯一の適切な前処理とは限らない。特に、鉄筋表面の錆やコンクリートのひび割れが電気防食に与える影響に関する近年の研究を勘案すると、腐食ひび割れに対してはひび割れ部をセメント系材料で充填するなどの簡略化された補修が合理的な前処理となる可能性がある。しかしながら、現状では種々の前処理に応じた電気防食効果を検討した事例がないため、不経済や非効率の懸念がありつつも、信頼性の高い断面修復を前処理とせざるを得ないことが課題となっている。

これらより、本研究では腐食ひび割れが生じた RC 部材を対象として前処理に応じた防食効果を評価し、合理的な前処理を提案することを目的としている。ただし、前処理の合理性は局所的な補修に応じた電気防食の可否だけでなく、防食回路全体における電流分配の適切性を含めて議論する必要があることとしている。すなわち、前処理部だけでなく、健全部、軽度腐食部、未補修部などを含む防食回路における電流分配を明らかにし、必要に応じて適切な回路分けを行うことが必要である。そこで、この目的を達成するため、鉄筋とコンクリートあるいはモルタルで作製した試験体を用いた通電実験と、試験体内の電流分布や鉄筋のカソード分極量を算出する数値シミュレーションを行っている。

本論文は、「Streamlined Pretreatment and Appropriate Circuit Separation for Cathodic Protection on Reinforced Concrete with Corrosion-induced Cracks (腐食ひび割れを有する鉄筋コンクリートの電気防食における合理的な前処理と適切な回路分けに関する研究)」と題し、英文で 5 章から構成されている。第 1 章では、RC 構造物の効率的な維持管理に関する社会的要請、電気防食および前処理の意義と課題を述べ、本研究の目的と論文の構成を示している。第 2 章では、RC 構造物における種々の防食技術や断面修復を前処理とした電気防食の研究、鉄筋の腐食やコンクリートのひび割れが電気防食に与える影響に関する研究を紹介し、本研究の位置づけを示している。第 3 章では、腐食ひび割れを有する RC 試験体に対して、簡略化された断面修復、ひび割れ注入補修、前処理なしの 3 条件で電気防食を実施し、その防食効果を評価している。特にひび割れ注入補修に関しては、水道水や亜硝酸カルシウム水溶液の先行注入と超微粒子セメントを用いたひび割れ注入補修による前処理で、断面修復による前処理には及ばないものの、明確な電気防食効果が得られることを防食メカニズムとともに示している。第 4 章では、モルタル試験体中の鉄筋の腐食程度を健全、ひび割れなしの軽度腐食、腐食ひび割れ (小)、腐食ひび割れ (大) の 4 段階に調整し、さらに腐食ひび割れ (大) に該当する試験体にはひび割れ注入補修を実施して、腐食程度および前処理が異なる 4 種類の試験体を作製し、これらを並列接続することで 1 つの防食回路とし、湿潤環境および乾燥環境における各試験体への電流分配を調査している。各環境における電流分配と鉄筋の腐食程度およびモルタルのひび割れや乾燥状態を関連づけて考察するとともに、各環境における適切な回路分けの考え方を示している。第 5 章では各章の概要を述べ、得られた知見を総括して合理的な前処理と適切な回路分けを提案し、今後の課題について述べている。

以上より、本研究は腐食ひび割れを有する RC の電気防食における合理的な前処理と適切な回路分けの方法について提案したものであり、塩害を受けた RC 構造物の延命化のための電気防食技術の高度化および普及に向けた有用な知見を提示している。よって、本論文は博士 (工学) 論文として十分に価値があるものと認められる。