

京都大学	博士 (工学)	氏名	渡邊 佳彦
論文題目	鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート鉄道構造物における補修工法適用性と維持管理に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート鉄道構造物に対して、表面被覆工法、断面修復工法あるいは電気防食工法により補修を行う場合の補修工法の適用性評価、および鉄筋コンクリート鉄道構造物の適切な維持管理のあり方について検討を行った結果をまとめたもので、全7章からなる。</p> <p>第1章「序論」では、本論文の背景、研究目的や論文の構成を示した。</p> <p>第2章「既往の研究」では、コンクリート中の鉄筋腐食反応および代表的な劣化機構、コンクリート中の鉄筋腐食を調査する非破壊手法検査や、鉄筋腐食により劣化したコンクリート構造物の補修工法についての、これまでの研究を整理し、本研究における課題等を整理した。</p> <p>第3章「鉄筋コンクリート鉄道構造物の維持管理」では、長期間供用され撤去された鉄筋コンクリート鉄道構造物を調査し、その結果を基に現在も供用中の長期間供用している鉄筋コンクリート鉄道構造物の維持管理のあり方について検討を行った。特に本研究で実施したように、鉄筋をはつり出し、鉄筋腐食度、中性化深さ、塩化物イオン濃度やかぶり等を把握することは、今後の構造物の維持管理上重要であると考えている。</p> <p>第4章「表面被覆工法の耐久性評価手法に関する研究」では、山陽新幹線 RC 高架橋を対象に、これまで明確でなかった表面被覆工法に要求する性能を明らかにするため、表面被覆工法の実高架橋による現地試験、および試験体を用いた暴露試験を5年間にわたり実施した。主な結果は以下の通りである。</p> <p>①被覆供試体の、暴露1年後の中性化深さは全ての工法とも0mmであった。一方無塗装供試体では中性化の進行が見られたことから、表面被覆による中性化阻止性能が発揮されたと考えられる。しかし、暴露5年後において中性化の進行が見られた工法が13工法中4工法あった。</p> <p>②今回実構造物よりも過酷な自然環境下で5年間実施した暴露試験において、中性化阻止性をはじめとした様々な耐久性等を評価することが出来た。</p> <p>以上の結果から、中性化阻止性の項目のみ5年間暴露での評価とし、付着性や塗膜の耐久性などの性能は1年間暴露でも十分評価可能であることを確認し、要求性能を満足するための試験方法や規格値に適用した。</p> <p>第5章「鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート構造物の補修工法適用性に関する研究」では、まず内的塩害により劣化した鉄筋コンクリート部材におけるかぶり部分を、ポリマーセメントモルタル等の補修材を用いて断面修復を行うことを想定した供試体を用い、補修材料の違いが耐久性状に与える影響に関する評価を行った。主な結論として、はつり出した鉄筋の目視観察の結果より、いずれの供試体もマクロセルによる影響がマクロセルよりも卓越し、基材部と補修材部の打継部近傍に発生すると</p>			

推定されたマクロセル腐食に対して抑制効果があることを示した。

次に、マクロセル腐食による再劣化防止のための補修方法の一つとして、亜鉛を混入した犠牲陽極材を用いた流電陽極方式の電気防食工法による補修効果に関して実験的検証を行った。主な結論は以下の通りである。

①1.6年間の乾湿繰返し環境下、および1年間の塩水散布環境下において、一方向の鉄筋に対して、犠牲陽極材を用いた電気防食工法が十分効果を発揮していると考えられる。

②犠牲陽極材を断面修復材と併用した電気防食工法では、鉄筋裏はつり深さを通常の鉄筋裏 20mm 程度ではなく、鉄筋中心位置程度までに減らすことが出来る可能性が示唆された。

さらに、亜鉛および黒鉛の粉末をセメント中に混入した材料を断面修復材として用いることで、電気防食の機能も発揮することを期待することを念頭に、内的塩害により劣化した鉄筋コンクリート構造物に対する、断面修復工法による補修効果に関して実験的検証を行った。主な結論は以下の通りである。

①使用材料の保水性が通常のもルタルに比べて小さいことや、供試体の暴露環境の影響などにより、本研究の範囲内では十分な防食効果を得ることが出来なかった。

②本材料を用いる利点の一つに、配線が不要であることが挙げられ、他の電気防食工法で用いる材料比べてメンテナンスが簡易であり、電気防食材料として十分活用できる可能性がある。本研究を踏まえて、今後さらなる実用化に向けた取組みを行う必要がある。

第6章「電気防食工法の実構造物への適用に関する効果の検証」では、供用中の鉄道構造物に対して、様々な電気防食工法を適用し、それぞれの補修後の効果について経時的に検証した。なかでも、狭隘な箇所での電気防食工法の施工を行うことを想定し、中性化と内的塩害の複合劣化を受けた鉄筋コンクリート鉄道構造物に対する、6種類の陽極方式を用いた外部電源方式による電気防食工法において、施工5年後も良好な防食状態を保っていることを確認した。

第7章「結論」では、本研究で得られた結論を総括するとともに、各章で得られた知見を元に、鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート鉄道構造物、特に山陽新幹線RC構造物を対象に、鉄筋腐食により劣化した構造物に対する適切な維持管理のあり方について提言を行い、本論文のまとめとした。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート鉄道構造物に対して、表面被覆工法、断面修復工法あるいは電気防食工法により補修を行う場合の補修工法の適用性評価、および鉄筋コンクリート鉄道構造物の適切な維持管理のあり方について研究を行っている。得られた研究成果の主な概要は、以下の通りである。

①山陽新幹線鉄筋コンクリート構造物に適用する表面被覆工法について、実構造物よりも過酷な自然環境下で5年間実施した表面被覆工法の暴露試験において、中性化阻止性、付着性など種々の耐久性を評価することができた。また試験結果を基に、表面被覆工法の要求性能を満足するための、性能試験方法や規格値を制定した。

②塩害により劣化した鉄筋コンクリート構造物に対して、断面修復工法や電気防食工法による供試体実験を行い、補修に伴うマクロセル腐食の影響や、それぞれの補修工法の適用性評価を行った。特に、断面修復工法では、マクロセル腐食防止のため、鉄筋の裏側まではつり取るが、電気防食工法を用いることで、鉄筋裏はつり深さの低減が可能かどうかを検証した。その結果、亜鉛を混入した犠牲陽極材を断面修復材と併用した電気防食工法では、鉄筋裏はつり深さを通常の鉄筋裏 20mm 程度ではなく、鉄筋中心位置程度までに減らすことが出来る可能性が示唆された。

③狭隘な箇所で電気防食工法の施工を行うことを想定した実構造物での施工において、施工5年後も良好な防食状態を保っていることを確認した。

④上記の結果を踏まえ、山陽新幹線コンクリート構造物に適用する補修工法選定フローに対して、電気防食工法を取り入れるなどの見直しを行うなど、維持管理に関しての提言を行った。

以上の内容により、本論文は鉄筋腐食により劣化した鉄筋コンクリート鉄道構造物に対して維持管理を行う上の有用な結果が得られており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。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22年2月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。