OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	分極抵抗法を用いたRC構造物中鉄筋の定量的腐食評価に関する研究
Author(s)	松岡, 和巳
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45877
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	松岡和巳（まつおかかずみ）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 19532 号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科土木工学専攻
学位論文名	分極抵抗法を用いたRC構造物中鉄筋の定量的腐食評価に関する研究
論文審査委員	（主査） 教授 松井 繁之 （副査） 教授 西村 宣男　教授 中辻 啓二　教授 出口 一郎 教授 新田 保次　教授 常田 賢一　教授 金 裕哲 教授 大野 義照

論文内容の要旨

RC構造物中の鉄筋はその状態を直接目視で確認できないことから、RC構造物を長期に維持管理していく上で、鉄筋の非破壊的腐食評価法の確立は極めて重要な課題である。このため、従来から種々の非破壊的手法が検討されてきたが、現在、最も期待される評価法は、電気化学的手法に分類される分極抵抗法と考えられる。これは鉄筋腐食が電気化学的な現象であることから、腐食反応理論により導かれた「腐食速度は分極抵抗と呼ばれる腐食反応抵抗と反比例の関係にある」ことを利用して、鉄筋の腐食状態を推定しようとする方法である。腐食量を直接測定する手法ではないが、わずかな腐食発生も検出できるという特徴があり、腐食発生を定量的にとらえる手法としてその活用が期待される。

この分極抵抗法の基本原理は、水溶液中における金属の腐食量との対比を通してその有効性が確認されている。1980年代以降、この原理をコンクリート中鉄筋の腐食評価に適用しようとする研究が欧米、日本で活発に進められてきた。しかしながら、これら多くの研究は、室内におけるコンクリート中鉄筋の腐食特性を解明しようとしたもので、実構造物への応用には未だ大きな課題が残されている。

本論文では、この分極抵抗法を実用化するにあたり、まず現状の知見と課題を整理分析し、実用化にあたっての課題を明確とした。そしてこれら各課題を解決する手段を提案し、これらの有効性を実験的、解析的手法により検証した。課題解決に向けた研究内容は、以下の3つに分類される。

第一は、コンクリート中鉄筋の腐食過程における電気化学的インピーダンス特性が十分に分析解明されていないことに鑑み、基礎的な試験によりインピーダンス特性の分析を行った。その結果、インピーダンス特性を表現する等価回路の各素子の意味づけを明確化した。そして腐食判定指標となる分極抵抗に与える各種環境要因についてその程度を定量化した。また、現場適用で求められる短時間測定で得られる分極抵抗値の意味づけを行った。第二には、分極抵抗法を実構造物に適用する場合にコンクリート表面に置かれたプローブからの測定電流がコンクリート中で分散する現象により、見掛けの分極抵抗値しか得られないという問題があったが、これに対して、新たに境界要素法による電流分布数値シミュレーション法を開発し、分極抵抗池定時におけるコンクリート中鉄筋近傍の電流分布特性を定量的に明らかとした。そして、第三としては、前記の電流分散問題に対する解決策としてコンクリート表面から測定して得られる見掛けの分極抵抗値を用いた逆解析により、基準化された値としての分極抵抗値を推定する手法を提案

した。そしてこの手法を長期暴露された鉄筋埋設供試体に適用し、腐食発生面積と分極抵抗との間に明確な対応関係があることを見出した。またこれと同時に新たに２重対極式腐食計測手法も開発し、上述の暴露供試体に適用して同様な結果を得た。最後にこの研究を総括するとともに今後の分極抵抗法の実用化にむけた研究の方向性を論じた。

論文審査の結果の要旨

高度成長期に数多く建設されたわが国の構造物が経年劣化による問題を抱えており、適切な維持管理が望まれる背景の中で、コンクリート系構造物の非破壊的腐食検査法の精度向上を目的とし。て分極抵抗法を用いたRC構造物中鉄筋の定量的評価手法を提案している。従来の自然電位法等と比較して、腐食度検出精度の改善と腐食速度の算定が可能となり、構造物の劣化状態に関する情報を定量的に得ることができる利点を見いだせるため、構造物の維持管理の水準向上に貢献できる。本論文は、開発した高精度分極抵抗測定器を用いてコンクリート中の鉄筋の分極抵抗測定に及ぼす基本要因について研究するとともに、鉄筋腐食の定量化の評価基準づくりに不可欠な腐食電流分布特性を解明するための境界要素法による数値解析手法を開発し、これらに基づいた分極抵抗値の定量分析法を提示している。さらに電流分布を制御して精度向上を目指した二重対極による分極抵抗測定手法についても開発している。得られた主な研究成果は以下のとおりである。

⑴現場での分極抵抗測定に及ぼす影響因子について調査を行い、温度影響に関してはコンクリートの比抵抗は８％/℃程度の減少、分極抵抗は６％/℃程度の減少があることを定量的に示している。乾燥影響に関しては、含水率の低下に伴うコンクリート比抵抗の上昇が見られるものの、腐食因子としての塩分浸透がある場合には腐食反応抵抗は低下し、コンクリートの乾燥環境下においても分極抵抗測定が可能で確実に腐食判定の指標が得られることを示している。更には、周波数 0.1 Hz 時の分極抵抗と腐食面積率との間に明確な逆比例の関係があることを見出し、分極抵抗法の現場測定が効率的に実施できることを明示している。

⑵分極測定の電流がコンクリート中で分散する現象を定量化する手法として、境界要素法による電流分布解析法を開発している。そしてこの解析プログラムによる数値解を解析解と比較を行い、十分な精度があることを確認している。

⑶境界要素法による解析プログラムを用いたコンクリート中鉄筋の分極抵抗測定の数値シミュレーション手法を構築し、この手法が実際のコンクリート中鉄筋に対しても有効となることを実験的に検証している。そしてこの手法を用いて分極抵抗測定値に及ぼす鉄筋径、かぶり等の各種要因について定量的にその影響度を分析明示している。

⑷構造物の分極抵抗測定で得られる見掛けの抵抗値からコンクリート中鉄筋の分極抵抗値を推定する手法として、インピーダンス特性曲線を用いる逆推定法を提案している。そしてこの手法の妥当性を実験的に検証している。また長期暴露材の鉄筋腐食評価にこの手法を適用し、腐食発生の閾値となる分極抵抗値が 30 kΩcm² で、腐食発生面積率との関係が精緻に行った室内実験結果と良好に一致することを確認している。

⑸２重対極式の分極抵抗測定法に関しても提案を行っている。そしてこの測定法の電流制御原理について実験的に確認し、そして長期暴露材の鉄筋腐食評価に適用して、２重対極式の分極抵抗測定を連用した場合の腐食発生閾値については 50 kΩcm² 程度に増加し、腐食発生の発見精度を高めている。

以上のように、本論文は、分極抵抗法を用いたRC構造物中鉄筋の定量的腐食評価に関して新しい２つの手法の提案を行い、従来手法での各種課題を十分に克服していることを実験的に立証している。この研究は、これまで構造物の腐食現象は変動要因が多く定量的把握が困難とされてきている現状に対して、定量化のアプローチに一石を投じ先鞭をつけたものと評価できる。現在のわが国における経済状況を勘案すると、膨大な量の社会基盤に対し、構造物の架替え等による更新は現実的ではなく、適切な維持管理による構造物の長寿命化とその有効活用が望まれている。そのため、非破壊的腐食検査法の精度向上に関する社会的な要求が強い。

本論文で提案した分極抵抗法による検査手法はこれらの要求に答える合理的なものとして評価でき、その合理化手法は今後のコンクリート構造の維持管理に大いに活用でき、コンクリート工学ならびに構造物維持管理工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。