

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 31 年 5 月 5 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K14712

研究課題名(和文) 腐食メカニズムに立脚した電氣的等価回路の提案による高精度腐食評価手法の高度化

研究課題名(英文) Advancement of high precision corrosion evaluation method by proposing electric equivalent circuit based on corrosion mechanism

研究代表者

染谷 望 (SOMEYA, Nozomu)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・研究官

研究者番号：80779447

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：モルタルの電気化学インピーダンスの測定をおこない、インピーダンススペクトルとモルタルの細孔構造の関係を検討した。インピーダンススペクトルの測定から、高周波数領域にモルタルの物性に起因する容量性半円あるいは半円の一部が観察された。このインピーダンススペクトルに対して等価回路によるカーブフィッティングにより、モルタル内の細孔により形成されるモルタル抵抗 R_{mpore} と、細孔溶液間のキャパシタンス C_{mpore} の値を求めた。細孔構造が小さくなると R_{mpore} の値が増加するとともに C_{mpore} の値も小さくなることが確認できた。これは、モルタル内の細孔の増加による、細孔内の水分経路の減少によるものと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鉄筋コンクリート構造物中の鋼材腐食の状態を把握する代表的な手法に、自然電位法と電気化学インピーダンス法がある。これらは、かぶり(鉄筋との間のコンクリート)を介した計測が一般的であるため、計測結果はかぶりの影響によって真値とは異なることが報告されている。そこで本検討では、かぶりの諸特性が計測結果に及ぼす影響を定量的に理解することを目的とし、コンクリート中を模擬した検討を実施することで、かぶりによって生じる電位差や、電気化学インピーダンス法の分析に用いる電氣的等価回路を提案した。

研究成果の概要(英文)：An electrochemical impedance measurement of mortar specimen was performed to investigate the relationship between the impedance spectrum and the pore structure in mortar. The mortar specimens with different pore size were prepared for the impedance measurement. The capacitive loop or part of loop, which are related to the physical properties of mortar, were observed in the impedance spectra of mortar specimens. The mortar resistance between the pores and the capacitance between pores filled with solution in mortar specimen (R_{mpore} and C_{mpore}) were estimated by curve-fitting of impedance spectrum using an equivalent circuit. The values of R_{mpore} and C_{mpore} were increased and decreased, respectively, when the size of pores became smaller in mortar specimens. These results imply the decreasing the water pathway of pores in mortar due to the increasing small pores in mortar.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：電気化学インピーダンス法 モルタル 容量性半円 細孔構造

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

わが国では、高度経済成長期を皮切りに膨大な量の社会基盤施設の整備が進められ、現在、劣化した鉄筋コンクリート構造物(以下,RC構造物)の維持管理が問題となっている。また、耐用年数を迎えた全ての構造物を随時更新することは難しいことから、構造物の保有性能を正しく評価し、評価結果に応じて適切な対策方法が選定できるように技術的な整備を進めていくことが必要となる。

一般的に RC 構造物の鋼材腐食を評価する手法として、電気化学測定が用いられている。既設構造物などかぶりを介した構造物表面からの測定では、かぶりの電荷の偏りで生じる Membrane potential の影響より、測定結果と実際の腐食状態が異なることが指摘されている。しかし、その影響を定量的に把握した研究は殆ど無い。そこで我々は模擬 RC 試験体を用いて、かぶりが電気化学的測定結果に及ぼす影響の定量評価を試みた。その結果、かぶり、セメント種類、水セメント比、塩化物イオン濃度、および飽和度の各要因が測定結果に与える影響を定量的に取りまとめた。なお、細孔中の水の連続性が影響していると考察したが、測定結果が変化する理由は未解明である。

また、鋼材の腐食速度を把握するための方法として、電気化学インピーダンス法(以下,EIS)が用いられている。しかし、EIS を RC 構造物に適用するにあたって、かぶりと鋼材界面の情報が複合されており、測定結果を分析する際は電気的等価回路(以下、等価回路)を設定する必要があるが、RC 構造物での腐食メカニズムを考慮した等価回路は提案されていない。

2. 研究の目的

本研究は、「EIS で測定対象となるかぶりの細孔径と水分状態の影響」と「鋼材界面の細孔溶液の影響」を把握し、これらのメカニズムの理解を基に等価回路を設定する。腐食環境や鋼材腐食の状態を正しく解釈することで、RC 構造物の鋼材腐食環境および鋼材腐食状況を評価する手法を提案する。

3. 研究の方法

RC 構造物の EIS 測定結果は、かぶりと鋼材界面の情報を含んでおり、測定結果を分析しそれぞれの影響を分離するためには、腐食メカニズムに基づく等価回路を設定する必要がある。そこで本研究は、かぶりの細孔径や水分状態、また鋼材界面変化が EIS の測定結果に与える影響について実験的に検討する。また、実構造物で EIS を活用した鋼材腐食の判定を想定した場合、かぶりによって生じる電位差の定量値の把握や、供用環境でかぶりと鋼材界面の状態は変化する影響を把握することが必要である。そこで、模擬 RC 試験体を用いて、かぶりや鋼材界面の影響についても検討する。

以上のように、RC 構造物に対応した等価回路を設定できることで、EIS による RC 構造物の腐食環境や鋼材腐食の状態を定量的に把握することが可能となる。

4. 研究成果

平成 29 年度、平成 30 年度の研究成果より、かぶりによって生じる電位差の定量値を実験的・理論的に示すことができた(図-1)。また、鉄筋コンクリート構造物を対象とした電気化学インピーダンス法の分析に用いる電気的等価回路を提案し(図-2,3)、その妥当性について示すことができた。ただし、鋼材界面に生じる腐食生成物の影響は電気的等価回路に反映できていない。このため、電気化学的インピーダンス法を用いて鋼材の腐食速度を定量的に求めるためには、今回提案した電気的等価回路を拡張する必要がある。

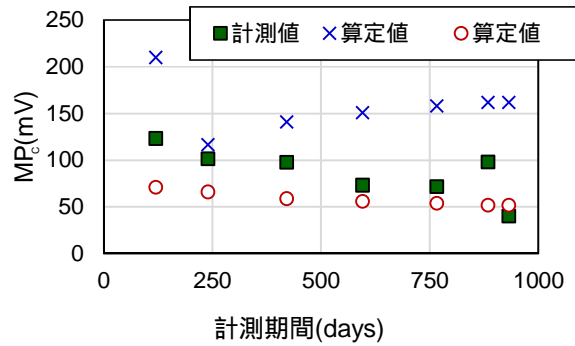


図-1 かぶりにより生じる電位差の計測値と算定値の比較

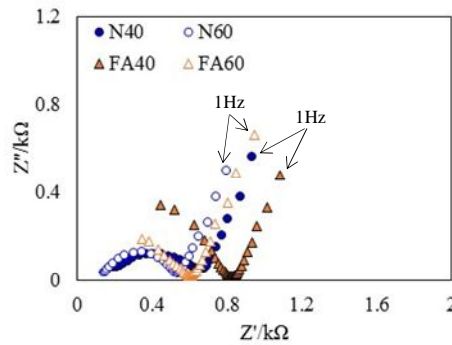


図-2 かぶりにより生じるインピーダンススペクトルの変化

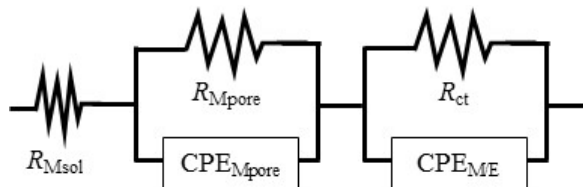


図-3 かぶりを対象とした電氣的等価回路

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

・ 染谷望, 星芳直: モルタルのインピーダンススペクトルに観察される容量性半円と細孔構造の関係, 材料と環境, 2019.(印刷中)

〔学会発表〕(計 3件)

・ 染谷望, 星芳直, 川端雄一郎, 加藤絵万: コンクリートの配合がインピーダンススペクトルに与える影響, 腐食防食学会第64回材料と環境討論会, B-109, pp.125-126, 2017.11.

・ 染谷望, 川端雄一郎, 加藤絵万: 鉄筋コンクリートのかぶりにより生じる鋼材の電位差の把握, 腐食防食学会第65回材料と環境討論会, B-109, pp.119-122, 2018.5.

・ 染谷望, 星芳直: 鉄筋コンクリートのインピーダンススペクトルに観察される容量性半円とかぶりの空隙構造の関係の把握, 腐食防食学会第65回材料と環境討論会, A-108, pp.21-22, 2018.10

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:

発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：染谷 望

ローマ字氏名：SOMEYA NOZOMU

所属研究機関名：国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

部局名：港湾空港技術研究所

職名：研究官

研究者番号（8桁）：80779447

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。