

# 塩害環境下における鉄筋コンクリートの腐食速度解析モデルの提案

長岡技術科学大学大学院 コンクリート研究室 鳶田 聖史  
主指導教員 教授 丸山 久一

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物が塩害や中性化による腐食劣化を受ける環境に供用されると、鋼材腐食による断面減少によって耐荷性能が低下する。設計耐用期間にわたり所要の性能を確保するためには維持管理が重要となり、腐食劣化の程度を定量的に把握することが重要となってくる。

鋼材腐食の開始時期や速度に関する研究は精力的に行われており、解析モデルによるものと、実験結果を基に構築した腐食速度の評価式によるものの2つに大別できる。しかし、いずれの手法においても、実構造物における分極曲線の設定やモデルの適用範囲に関する課題が数多く残っており、実環境への適用は難しいのが現状である。

本研究では、様々な腐食環境においても腐食速度を計算可能にするために、ミクロ的視点で腐食反応に係わる物質の分子や電子の動きに着目し、それらの移動速度や反応速度から腐食速度を算出するモデルを構築することを目的とした。

## 2. 腐食速度解析モデルの構築

### 2.1 腐食速度における塩化物イオンの影響

既往の解析モデルにおいては、塩化物イオンの作用は、不動態皮膜を破壊することのみを考慮している。しかし、塩化物イオンを含む中性水溶液中においては腐食反応が促進されることが明らかになっていることから、本解析モデルでは、不動態皮膜の破壊作用に加え、腐食反応の促進作用についても考慮した。塩化物イオンが存在する水溶液中では、イオンの拡散速度が促進されると仮定し、酸素の拡散係数を塩化物イオン濃度の関数として取り扱うことによって、塩化物イオン濃度が増大するほど腐食反応が促進される傾向を表現した。

## 2.2 腐食速度解析手法

既往の解析モデルの多くは、Tafel式を用いてアノード・カソード反応の分極曲線を描くことによって腐食電流密度を算出している。それに対し本解析モデルでは、反応速度論や電気化学理論に基づいて構築されたButler-Volmer式を導入した。この手法は、腐食反応に係わる物質の分子や電子の動きに着目しているため、より実現象を精度よく再現することができる。

## 3. 水溶液中における鋼材の腐食速度解析

本解析モデルの腐食計算に設けた仮定や計算手法が妥当であるのかを確認するため、水溶液中の腐食反応における影響要因について、既往の実験値との比較を行った。

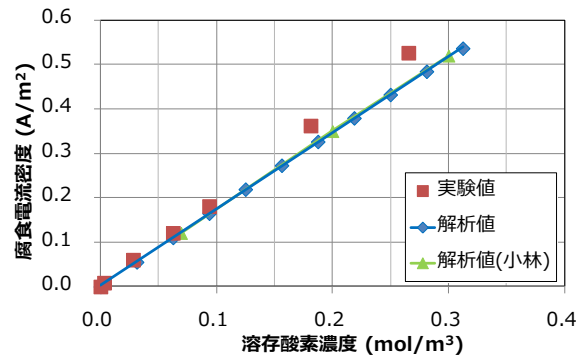


図1 25°C CaCl<sub>2</sub>水溶液中における溶存酸素濃度の影響

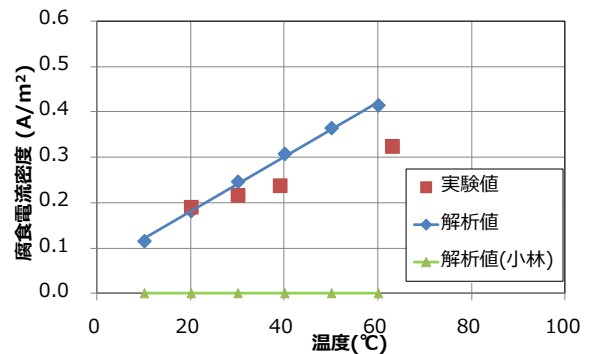


図2 蒸留水中における温度の影響

図1に、165ppmCaCl<sub>2</sub>溶液中における溶存酸素濃度の影響についての実験値と、小林モデル<sup>1)</sup>と本解析モデルの解析値を併せて示す。どちらの解析値においても実験値と定量的に一致している事から、塩化物イオンによる腐食反応の促進作用を溶存酸素の拡散係数の増大として表現することが出来た。

図2に、蒸留水中における温度の影響についての実験値と、小林モデル<sup>1)</sup>と本解析モデルによる解析値を併せて示す。本解析モデルは、温度が高くなるほど腐食速度が大きくなる傾向が再現できているのがわかる。しかし、小林モデルは、温度を25℃の一定値と仮定した計算を行っているため、温度変化を考慮出来ていないのが分かる。

#### 4. コンクリート中における腐食速度解析

既往の腐食解析モデルは、コンクリート中においても鋼材は常に水に浸漬されていると仮定している。しかし、コンクリートが乾燥を受け続けた場合は十分な水分が存在しないため、解析モデルでは表現できない。そこで、本解析モデルでは水膜厚さと腐食速度の影響を考慮した。図3に腐食速度解析フローを示す。また、コンクリート中で起こり得る、一部のみが極度に腐食する孔食反応についても考慮した。

#### 5. 曝露試験供試体の腐食速度解析

本解析モデルを用いて、曝露試験供試体の腐食速度解析を行った。図4に曝露試験の供試体を、図5に解析結果を示す。実験、解析値ともに、腐食量は時間経過に伴って線形的に増加した。実験値の腐食量にばらつきはみられるものの、その平均値の傾向は解析値とほぼ一致する結果となったことから、実環境における鋼材の腐食を予測するために、様々な環境要因を考慮して構築したモデルにおいても、定量的に一致することがわかった。今後、様々な腐食環境における実験結果と比較し、モデルの妥当性を確認していく必要がある。

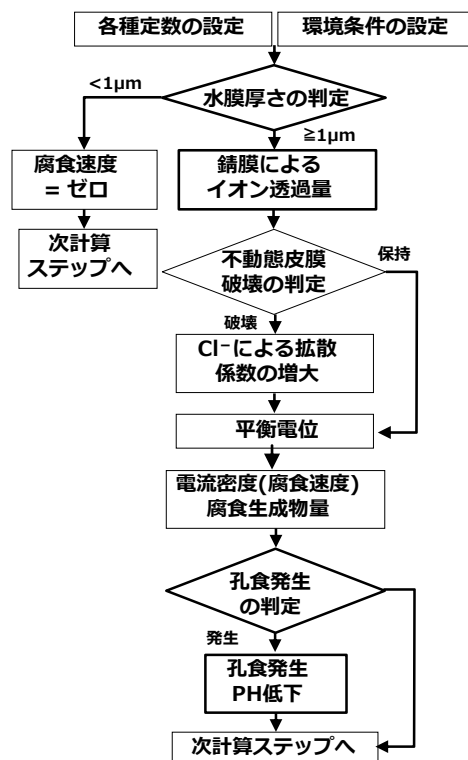


図3 腐食速度解析フロー

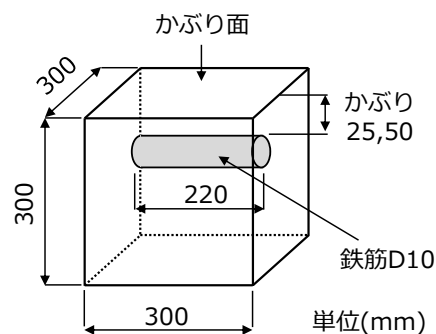


図4 曝露試験供試体

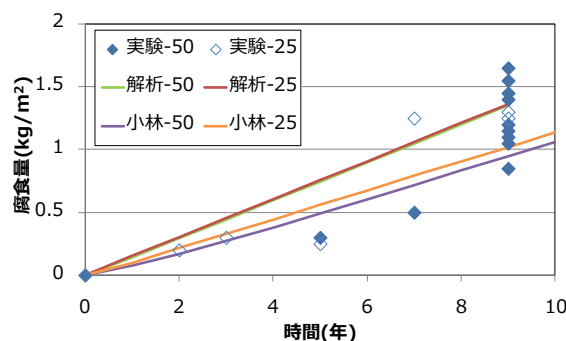


図5 曝露試験の解析結果

#### 【参考文献】

- 1) 小林悟志: コンクリート中の物質移動と鉄筋腐食に関する数値解析, 長岡技術科学大学修士論文, 2002.2