

# コンクリートの含水状態と鉄筋腐食が鉄筋コンクリートの電気伝導特性に及ぼす影響に関する研究

香川大学 学生会員 ○岩瀬大真 フェロー 吉田秀典  
正会員 岡崎慎一郎 正会員 松本直通

## 1. はじめに

わが国では戦後の高度経済成長期にコンクリート構造物が集中的に建設され、現在、構造物の老朽化が懸念されている。公共事業費の縮減により既存の構造物の建て替えが困難なため、構造物の機能を保持し、長期的に運用するための技術が求められている。そこで、早期の段階で鉄筋腐食を評価できる非破壊腐食診断やコンクリートの乾湿状態をモニタリングする研究・技術が注目されている。中でも分極抵抗法は、鉄筋腐食を定量的に評価し、鉄筋腐食速度を推定することが可能なため、技術の発展が望まれている分野である。既往の研究<sup>1)</sup>では、コンクリートの乾湿が分極抵抗計測時の電気分散に与える影響や鉄筋腐食の有無が電気伝導特性与える影響が電気伝導解析によって検討されている。しかし、実験結果と解析結果の比較は十分に行われていない。そこで、本研究では、コンクリートの乾湿状態、鉄筋腐食状態を再現した供試体を作成し、分極抵抗を計測する。得られた計測結果から、有限要素法（FEM）による電気伝導解析を行い、コンクリート中の電気分散状況並びに被測定面積の変化を把握する。実験と解析によって得られた結果を比較し、乾燥によるコンクリートの含水状態の変化が電流分散範囲と被測定面積に及ぼす影響と鉄筋腐食による電気伝導特性の検討を目的とする。

## 2. 研究手法

実験に用いる供試体はモルタルを使用し、図 1 の寸法で作成した。携帯型鉄筋腐食診断器(CM-V)で見かけの分極抵抗  $R_p'$  とコンクリート抵抗  $R_s$  を測定し、得られた  $R_p'$  に被測定面積  $A$  を乗じることで真の分極抵抗  $R_p$  を算出する。かぶり  $t$  が 6cm のため  $\{2(t-5)+4\}$ cm 内の鉄筋上半分の表面積を  $A$  とする。計測は、供試体の左端から 120mm, 300mm, 480mm の 3 点で行い、水中養生と恒湿養生の供試体を用意し、供試体内部の水分状態が計測時の  $R_p$  に与える影響を把握する。また、鉄筋腐食の有無が電気伝導特性に与える影響を検討するために、供試体を部分的に電食した。解析では実験と同条件の鉄筋径、かぶりの供試体を作成し、実験で得られた  $R_p$  を用いて、計測時に供試体中央の鉄筋直上に設置する印加部と内部鉄筋の間の電気伝導について有限要素解析を実施した。解析メッシュは節点・要素数削減のため図 2 のように 2 分の 1 の領域を対象とし、供試体の奥行方向については全て対称としている。解析パラメータとして、分極抵抗とコンクリート抵抗率をとり、鉄筋は鉄の 0°C における抵抗率  $8.9 \times 10^{-6}$  ( $\Omega \text{cm}$ ) とし、両端から 100mm まで絶縁とした。鉄筋とコンクリート界面の不動態皮膜は厚さ 10 nm とし、皮膜の分極抵抗を電気抵抗率と不動態皮膜の厚さで割った値を抵抗率とした。境界条件は、供試体上部に 10mV を印加し、鉄筋端を 0V とした。また、 $R_p$  と  $R_s$  の和を全抵抗  $R_t$ 、 $R_p'$  と  $R_s$  の和を見かけの全抵抗  $R_t'$  とし、 $R_t$  および  $R_t'$  をそれぞれ  $R_s$  で割った値を横軸と縦軸にすることで、インピーダンス値を得た。

## 3. 研究結果

分極抵抗を計測する際には供試体表面を濡らし、電流を流れやすくする必要があるが、供試体表面を濡らす時間によって計測時の  $R_p$  が変化することがわかった。図 3 は、十分に濡らしたウエスを供試体上に置き、経過

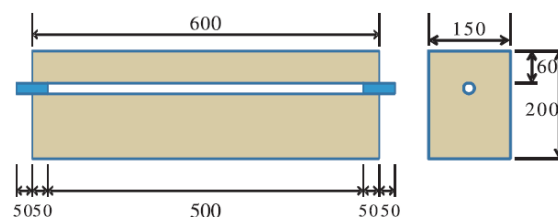


図 1 試験体寸法

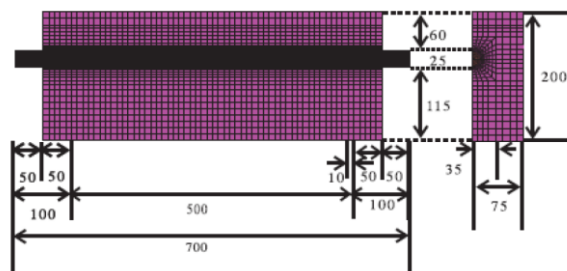


図 2 解析供試体（断面図）

時間による  $R_p$  の変化を示す。供試体が乾燥状態では計測場所によって  $R_p$  が異なるが、1 時間経過時点で  $R_p$  は 3 点が同等程度となった。その後、時間経過とともに  $R_p$  は穏やかに減少するが、濡らしたウエスの乾燥に起因して再び  $R_p$  は上昇していく。解析では、既往の研究<sup>2)</sup>に基づいて乾燥時のコンクリート抵抗率を用いる他に、分極抵抗計測時に供試体表面を水で濡らすことを考慮し、コンクリート抵抗率を低下させた解析を追加した両解析結果を図 4、図 5 に示す。図 4 は前者、図 5 は後者であり、供試体の電流密度分布図である。それぞれの結果を比較すると、図 4 では電流密度が供試体中央の印加部直下に集中しているが、図 5 では鉄筋のかぶりの範囲で電流密度は高くなっている。これは、水の浸透により低下したかぶり付近のコンクリート抵抗率が供試体内部よりも小さいためと考えられる。また、鉄筋下部や供試体側面でも電流範囲が変化していることがわかる。図 6 は実験と解析により得られたインピーダンスの比較である。図 6 では、どちらの解析値も実験値の左下にプロットされている。実験値と解析値では同じ  $R_p$  を用いているため、インピーダンス値は  $R_s$  と  $A$  の値に対応しており、 $R_s$  が小さくなるほど図上の右上にプロットされ、 $A$  が小さくなるほど上側にプロットされる。図 6 では、実験値は解析値と比較してコンクリート抵抗、被測定面積は共に過小評価されているということを示している。また、実験で使用した携帯型腐食診断器は電流が分散しないものとし、被測定面積を鉄筋径とかぶりから算出するため、一定となることも過小に評価されている要因と考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、実験で得られた値を用いて、電気伝導解析を行い、コンクリートの含水状態と鉄筋腐食が鉄筋コンクリートの電気伝導特性に与える影響を把握することはできたが、図 3~5 からは、計測時の供試体含水状態が分極抵抗計測に与える影響、図 6 からは解析で想定していたコンクリート抵抗は計測時の値よりも小さく、被測定面積も解析では過大に評価していたことがわかった。このような結果を受け、今後は計測時の詳細なコンクリート抵抗の計測と被測定面積の検討を行い、改めて、実験値と解析値を比較し、分極抵抗法の適応性を議論する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 大熊千紗都：分極抵抗法を用いた鉄筋の劣化診断とその適応性に関する研究，香川大学卒業論文，pp.1-pp.53，2017
- 2) 吉田秀典，大本修平：不導体被膜の劣化やコンクリートの乾湿が電気伝導特性に及ぼす影響に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.72，No.2，pp.719-pp.730，2016

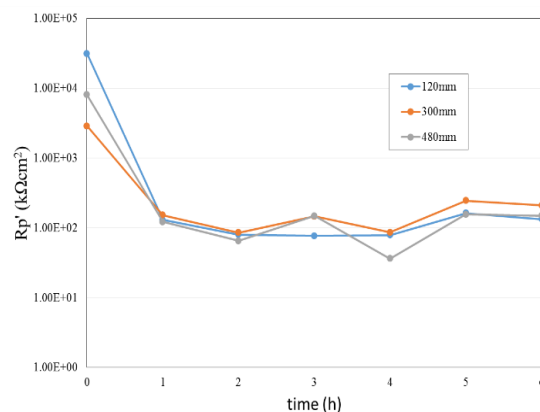


図 3 ウェス設置後の経過時間による  $R_p$  の推移

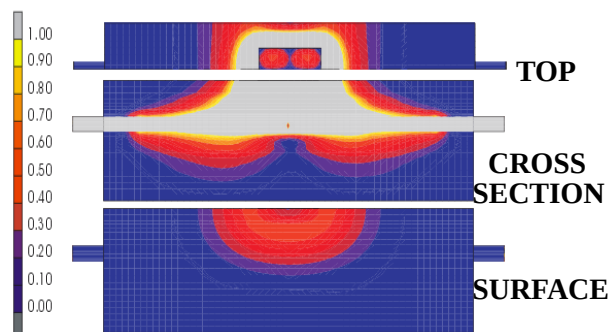


図 4 電流密度分布図

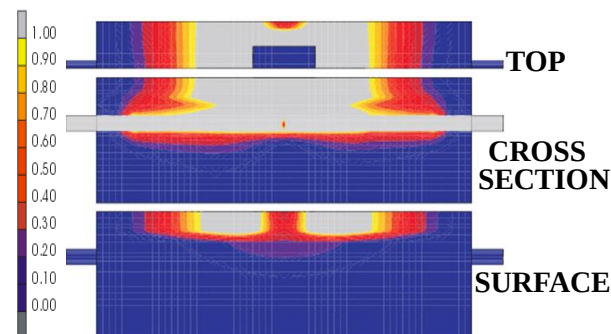


図 5 電流密度分布図（計測時の浸水を考慮）

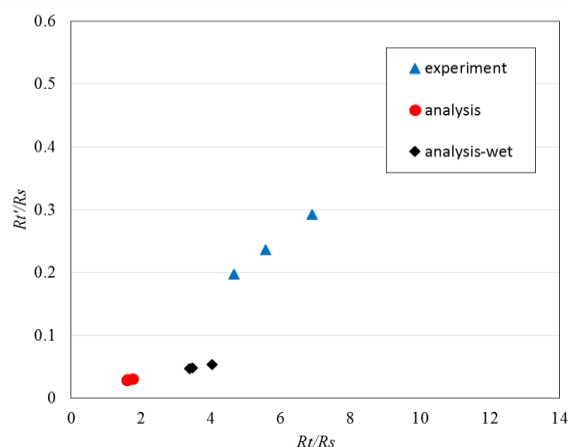


図 6 インピーダンスの比較