

4 プローブ電気抵抗測定法による鉄筋腐食進展期の評価に関する研究

愛媛大学大学院 ○中野 魁 愛媛大学 蓮佛 将隆
愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 愛媛大学大学院 正会員 河合慶有

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の維持管理では、事後保全より予防保全の方が構造上の安全の観点や経済面から良いとされている。しかし、鉄筋コンクリートの劣化現象の中で最も多い鉄筋腐食は、腐食ひび割れが表面に到達するまでは確認することができない。非破壊試験の一つとして、4プローブ法（Wenner法）が挙げられる¹⁾。4プローブ法ではコンクリート表面に一定間隔で4本の電極を配置し両端の電極に通電し、内側2本の電極間の電圧を測定することで、電気抵抗率を算出する。その測定原理から、プローブ間隔を変えながら測定を行うと、間隔ごとで検知できる測定範囲も異なる。そのため、それらの測定値により内部状況の評価をすることができるのではないかと考えられる。そこで本研究では、塩害による鉄筋腐食劣化に対して予防保全で対処するために必要な情報であるコンクリートへの塩化物イオンの浸透深さおよび鉄筋腐食による内部ひび割れの発生に関して、4プローブ法により評価することを目的に実験を行った。

2. 実験概要

(1) 鉄筋腐食によるひび割れに関する検討

供試体は100×300×400 mm、かぶり高さ50 mmの鉄筋コンクリート供試体を2体用いて電食促進試験を行った。試験概要図を図1に示す。0.05Aの直流電流を印加し、鉄筋を腐食させた。7日間の通電後、供試体を水槽から取り出し、電気抵抗試験を行なうことを1サイクルとして実験を行った。電気抵抗試験は、プローブ間隔を40、50、60、70、80、90 mmと6段階に上げながら測定を行った。また、含水率の影響を考慮して、促進42日目以降の水槽内の水位を供試体全体が浸るまでに変更した。

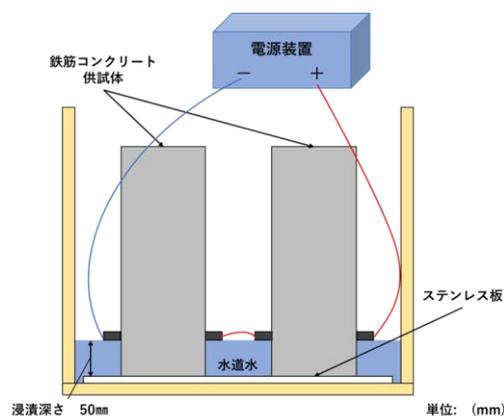


図1 電食促進試験

(2) 塩分層の厚さに関する検討

供試体寸法は100×300×400 mmで、供試体高さ300 mmに対して10、50 mmの高さの部分に塩分を含むモルタル（塩分層）を打ち継ぎ目に注意して打設した。塩分層には濃度10%の練混ぜ水を用いた。各層の電気抵抗率を図2に示す。電気抵抗試験は鉄筋腐食によるひび割れの検知で行う方法と同様の試験方法に加えて、プローブ間隔 $a=40、60、80、90$ mmを用いて、供試体端部から20 mmの位置に機器を設置し、横に移動させながら測定を行った。プローブ間隔40、80 mmの場合は40 mmずつ、60、90 mmの場合は30 mmずつずらし、反対側の端部から20 mmの位置に達するまで測定を繰り返した。測定概要を図3に示す。

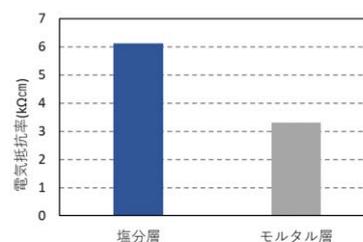


図2 各層の電気抵抗率

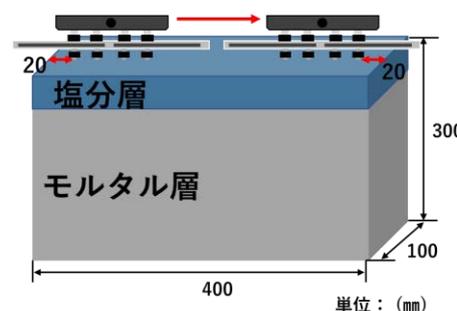


図3 測定概要図

3. 実験結果及び考察

(1) 鉄筋腐食によるひび割れに関する検討

図4および図5に電気抵抗試験結果を示す。どちらの供試体においても70日目の測定時にひび割れを発見した。また、 $a=40$ mmの電気抵抗率が高いのは骨材による影響であると考え、 $a=50$ mm以上の変化を見ることで検討を行った。0日目の結果と49日目以降の結果を比べると、プローブ間隔の増加に対する電気抵抗率の変化に違いがみられない

ため、鉄筋腐食によるひび割れの検知はできなかった。既往の研究では²⁾、幅約 1mm のスリットの切込み深さの変化を電気抵抗率の変化から評価できたが、本実験ではひび割れ幅が狭く、飽水していたためと考えられる。

(2) 塩分層の厚さに関する検討

図 6 にプローブ間隔を変化させて得られた電気抵抗率を示す。図 6 より、プローブ間隔を変化させると電気抵抗率が低下しており、塩分層高さ 10 mm より 50 mm の電気抵抗率の方が高いことから、塩分層高さの影響は確認ができる。しかし、プローブ間隔を変化させたときの電気抵抗率の変化に塩分層の厚さによる違いが見られないため、塩分層厚さの評価には及ばなかったと思われる。

そこで、Res2dinvx64_Intel を用いて電気抵抗率トモグラフィを行った。トモグラフィを行う際には、プローブ間隔 40mm での 7 点の測定値およびプローブ間隔 80mm での 4 点の測定値を入力し、トモグラフィ画像を作成した。図 7 は塩分層高さ 10 mm、図 8 は塩分層 50 mm に関するトモグラフィ画像である。なお、図 7、8 において左右の電気抵抗率が中央部より電気抵抗率が高くなっているが、これは供試体の形状の影響で端部では電気抵抗率が高く測定されることによるものである。よって、深さ方向の変化が確認できる中央部で評価を行うと、塩分層 10 mm の中央部の電気抵抗率の深さ方向の分布は一定である。一方、塩分層 50 mm の方では深くなるにつれて電気抵抗率は小さくなっており、塩分層の影響が表れている。しかしながら、電気抵抗率が急変している部分は表面から約 40mm 当たりであり、塩分層高さの定量的な評価までは至らなかった。

4. まとめ

4 プローブ法を用いた電気抵抗試験において、プローブ間隔を変化させることで内部状況の評価ができる可能性を示した。また、塩分層の深さの違いが電気抵抗率の分布に影響を及ぼすことが確認された。

参考文献

1) 皆川浩、齊藤佑貴、榎原彩野、久田真：電極の設置条件が 4 プローブ法による体積抵抗率の測定結果に及ぼす影響についての基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.31、No.1、p .1087-1092、2009

2) 岡田辰夫、河合慶有、氏家勲：コンクリート内部の損傷が電気抵抗率の分布に与える影響、コンクリート工学年次論文集、Vol.38、No.1、pp.2193-2198、2016

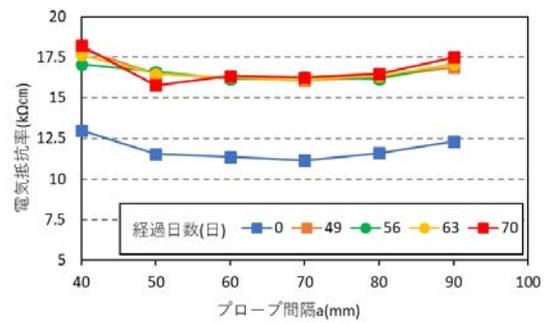


図 4 電気抵抗試験結果 (供試体 1)

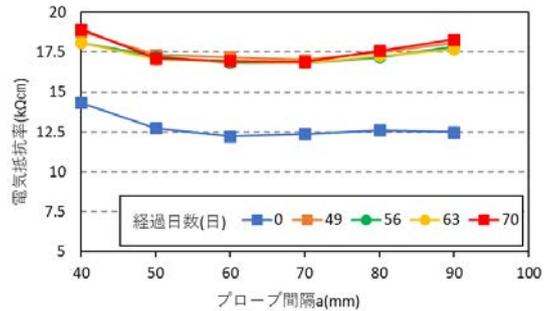


図 5 電気抵抗試験結果 (供試体 2)

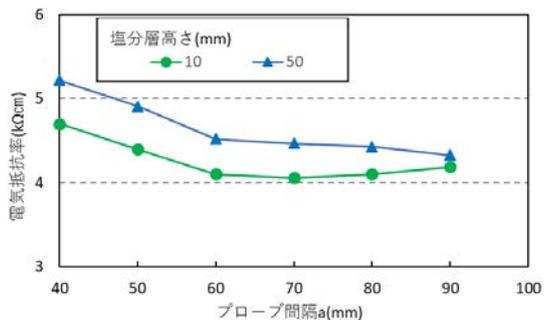


図 6 電気抵抗試験結果

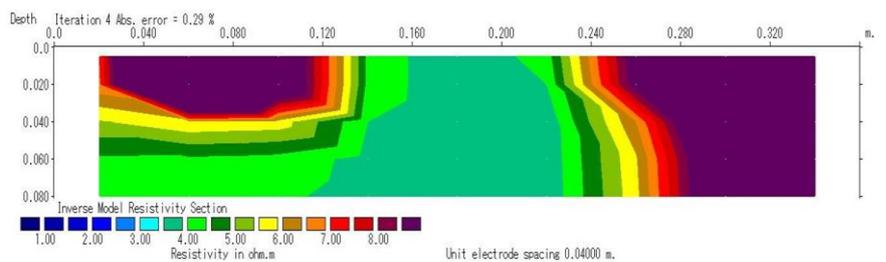


図 7 トモグラフィ画像 (塩分層 10 mm)

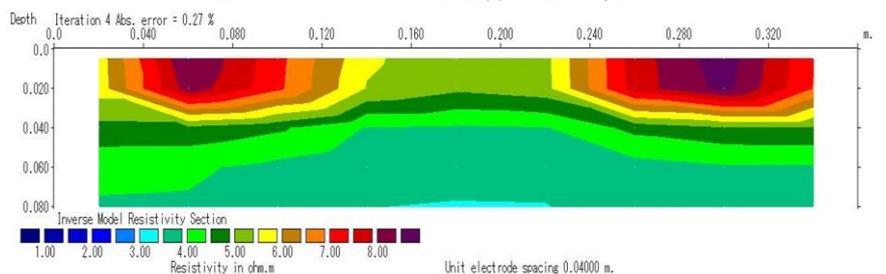


図 8 トモグラフィ画像 (塩分層 50 mm)