

水の浸透がもたらす RC 構造物の鉄筋腐食リスクに対する非破壊検査手法の開発

香川大学 学生会員 ○榊原洋子 五洋建設 非会員 藤村素直 正会員 岡崎慎一郎
埼玉大学大学院 正会員 浅本晋吾 電力中央研究所 正会員 蔵重勲

1. はじめに

コンクリートは加工性や経済性、入手の容易さの観点から、現在に至るまで主要な建設材料として非常に多くの土木構造物に使用されてきた。近年、鉄筋コンクリート構造物において、塩害や中性化、ASR 等の劣化が報告され、これらの劣化によって、かぶりコンクリートの剥離や剥落、落橋等の重大な事故に繋がることが報告されている¹⁾。近年は、これらの劣化を促進させる要因として、かぶりコンクリートに浸透する水の影響が指摘されている²⁾。特に、かぶり不足やコンクリートの密実性の低下により、鉄筋位置まで水が浸透したことが劣化の主たる要因の一つであると考えられる。実構造物に対しては水の浸透位置や、水の鉄筋への到達を直接確認することが困難であることから、非破壊検査により、鉄筋腐食リスクを評価できれば実構造物におけるリスク評価が可能である。そこで、本研究では、電気化学的計測に着目し、鉄筋を含むかぶりコンクリートにおける水の浸透がもたらす電気抵抗率の変化から水の鉄筋への到達を評価する手法を提案する。実験と検討から本手法による鉄筋腐食リスクの評価が可能であることを確認し、解析により手法の妥当性の確認を行った。

2. 水の鉄筋位置への到達に対する評価手法の提案

本研究は、コンクリート表層から浸透する水が鉄筋に到達した際に、見掛けのコンクリート電気抵抗率が変化するとの仮説の検証を行うものである。コンクリートのみかけの電気抵抗率の測定法は JSCE-K 562-2008 に従った。四電極法は、外側の通電電極から電流 I を印加し、内側の電極で電位差 V を測定する。ここで電極間隔を a (cm) とすれば、表面電気抵抗率 ρ ($k\Omega \cdot cm$) は $\rho = 2\pi a V / I$ により求めることができる。

3. 実験的検討

実験的検討では、 $100 \times 100 \times 400$ (mm) の供試体を用いて計測を行った。配合は W/C=40、60% の普通コンクリートとした。鉄筋は丸鋼 D13 で配置は鉄筋のかぶりが 25、50、75mm となるようにし、養生は封緘養生で 28 日とした。計測は水を測定面から供給しながら電気抵抗率と鉄筋を流れる電流を 28 日目まで実施した。屋内供試体における、電気抵抗率測定値と給水開始からの経過時間との関係を図 1 に示す。鉄筋を含むケースでは、無筋供試体に比べて電気抵抗率が低く、かぶりコンクリートが厚いほど電気抵抗率が高くなった。水の浸透による電気抵抗率の減少はかぶりの厚さに関わらず 48 時間で概ね収束した。時刻に対する測定間隔が長いために、かぶりの相違により、水の鉄筋への到達にともなう電気抵抗値の変化を詳細には確認はできなかったが、収束する傾向により、鉄筋への水の到達が把握できる可能性がある。

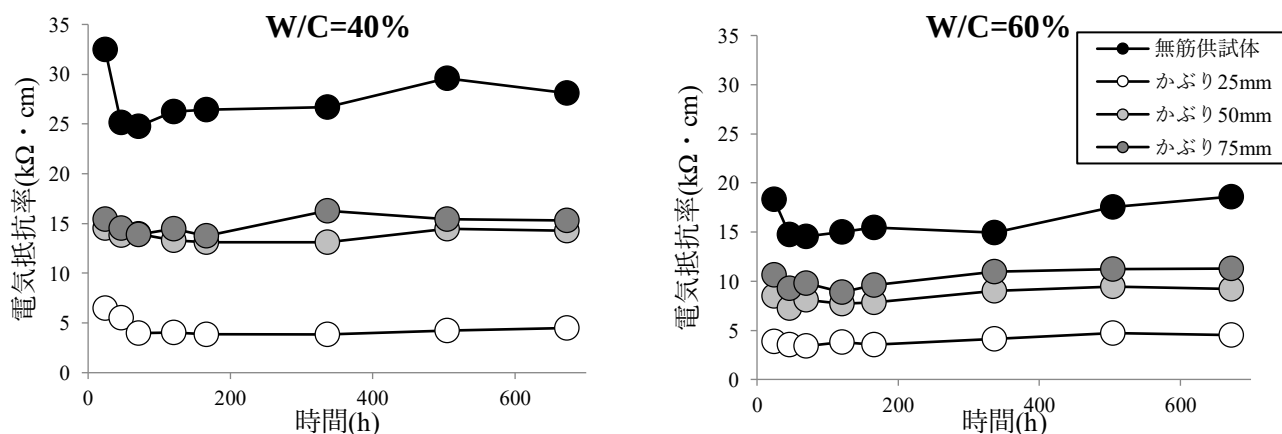


図1 かぶりの相違が電気抵抗率と給水時間に与える影響

4. 解析的検討

2次元有限要素法に基づき、解析的検討を行った。実験で用いた供試体と同寸法のモデルを用い、四電極法の電極間隔も同様に設定した。印加する電流は1A/mとした。水の浸透を再現するモデルは10mmごとの層状に乾燥コンクリートと湿潤コンクリートの材料特性値を与えることで含水層を再現した。水の浸透位置と電気抵抗率の解析結果を図2に示す。実験的検討と同様に電気抵抗率は無筋供試体が最も高く、鉄筋を含むケースでは電気抵抗率が低くなった。また、かぶり厚さの小さいケースでは水が鉄筋位置まで到達した際に電気抵抗率が大きく減少した。鉄筋を含む供試体では、水が鉄筋位置まで浸透することで抵抗率が収束することを確認した。ここで、各測定点間における電気抵抗率の減少率を図3に示す。水が鉄筋に到達した際に、抵抗減少率が瞬時に大きくなることから、この兆候を確認することで、水の鉄筋への到達が可能となる可能性がある。

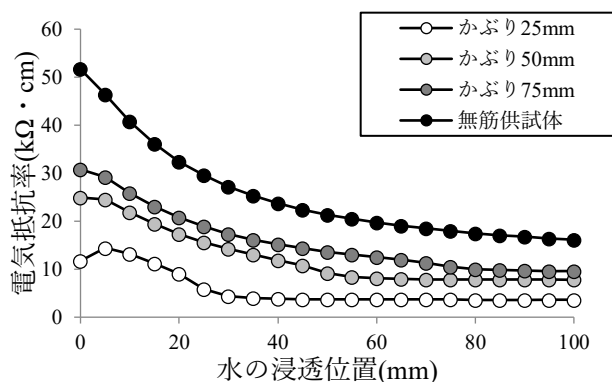


図2 水の浸透位置と電気抵抗率の推移

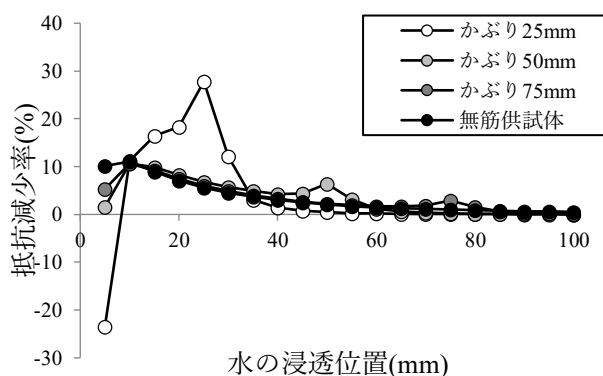


図3 水の浸透位置と電気抵抗率減少率の推移

5. 実験結果に対する再検討

解析結果を受けて、再度、実験結果に対する検討を再び行う。縦軸に抵抗率の減少率を示したグラフを図4に示す。実験的検討においても、給水初期で電気抵抗率減少率の極値を取ることを確認した。特にW/C=40%のかぶり25mmのケースでは72時間時点で抵抗率が25%減少しており、その後収束していることから水が鉄筋位置まで浸透したものと考えられる。W/C=60%のケースでは明確な極値は確認できなかった。

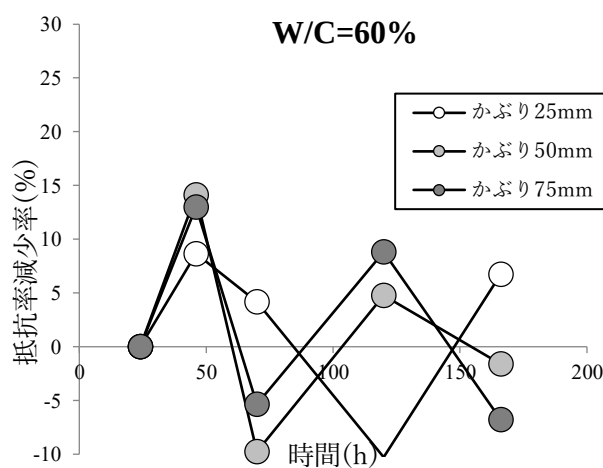
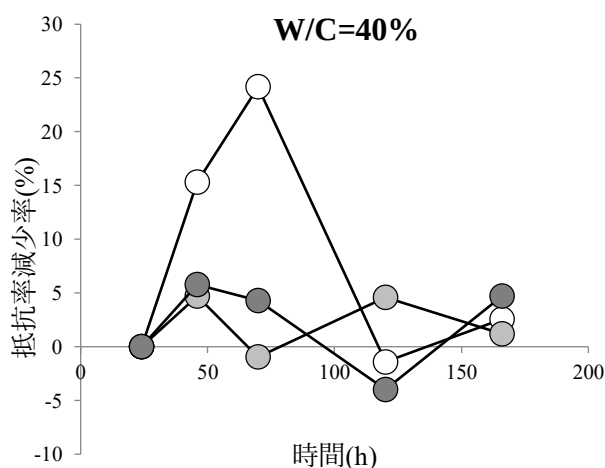


図4 電気抵抗率減少率と給水時間の関係

6. まとめ

解析結果から、水の鉄筋位置への到達により抵抗が急減することが判明した。今回の実験では、かぶり厚さの小さい場合に明確に抵抗率が急減を確認できたが、かぶり厚さがより大きい場合は今後検討が必要である。

参考文献：1) Matthias Pilz : The Collapse of the K-B Bridge in 1996, A MSc Dissertation at the Imperial College London, 2007.9

2) 前原, 伊代田ら : 土木学会論文集 E2, 74(2), 80-87, 2018