

電気抵抗率測定を用いた鉄筋コンクリート内部劣化の定量化に関する基礎的研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○岡田辰夫
愛媛大学大学院 正会員 河合慶有 正会員 氏家勲

1. はじめに

近年、コンクリートの電気抵抗率を測定することで品質を検査する方法として、「四電極法による断面修復材の体積抵抗率測定法(案)」(JSCE-K 562-2008)が制定されている。また、欠陥部を有するコンクリート供試体に対して電気抵抗率の測定を応用し、欠陥部を可視化する研究が進められている¹⁾。しかしながら、鉄筋腐食ひび割れ等に起因する内部欠陥の存在が測定結果に及ぼす影響を検討した事例は少ない。そこで本研究では、モルタル中の欠陥部が等間隔に配置した4本の電極を用いて測定される電気抵抗率に及ぼす影響を把握することを目的とし、モルタル中の電流・電位分布について検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料及び供試体概要

本研究では、水セメント比 50%のモルタル供試体を用いて検討を行った。寸法および形状は 100×100×400mmの角柱供試体とした。セメントは早強ポルトランドセメント(密度：3.14g/cm³)とし、練混ぜ水には水道水を使用した。また、細骨材には石灰砕砂(表乾密度 2.66g/cm³, F.M.2.47, 吸水率 0.58%)を使用した。モルタル供試体は水、セメント及び細骨材の割合を質量比で 1 : 2 : 4 として作製し、材齢 7 日まで水中養生を行った。供試体概要を図 1 に示す。供試体タイプ 1 は、モルタル供試体中央部の底面より内部欠陥を模擬したスリットを乾式ダイヤモンドカッターにより導入し作製した。スリット深さは 25, 50 及び 75mm である。また、供試体タイプ 2 は、モルタルで作製した供試体断面にステンレス棒(φ1mm)を図のように埋設した。供試体上部には、20mm 間隔で 10 本の電極を深さ 10mm まで埋め込んでいる。電極種類はステンレス棒(φ3mm)とし、供試体との接合方法は図 2 のようにドリル孔に導電性のエポキシ樹脂を塗付する方法とした。

(2) 測定方法

等間隔に配置した4本の電極のうち外側2本に直流電流を印加し、そのときに得られる内側2本の電位差電極間の電圧を測定し、式(1)を用いて電気抵抗率を推定した。また、一度電流を印加した電極を用いて電位差電極間の電位差を測定する場合には電極が復極するまでに時間を要する必要があるため、通電前の電極間の電位差を測定し、通電時における測定値との差を補正することで電気抵抗率を推定した。

$$\rho = 2\pi a \frac{V - V_0}{I} \quad (1)$$

ここで、 ρ : 電気抵抗率 ($\Omega \cdot m$), a : 電極間の距離 (m), V : 電位差電極間の電位差 (V) V_0 : 通電前の電位差電極間の電位差 (V), I : 印加電流値 (A) である。本研究では、電極間隔を 20 及び 60mm とし、ガルバノスタット(北斗電工製)を用いて 0.15mA の直流定電流を印加した。試験はいずれも 24 時間水中で吸水させた供試体を用いて表面が乾燥した状態で行った。

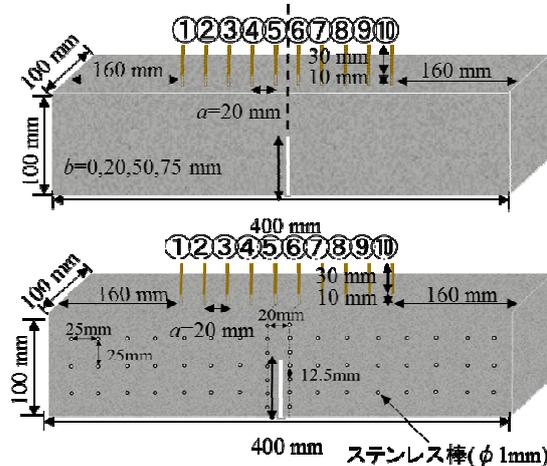


図 1, 供試体概要

(上 - タイプ 1, 下 - タイプ 2)



図 2 供試体との接合方法

3. 内部欠陥が電気抵抗率測定に及ぼす影響

電極間隔を60mmまたは20mmとした際の電気抵抗率の測定結果をそれぞれ図3及び図4に示す。図3の結果を見ると、スリット深さが25mm及び50mmにおいてはスリットの無い供試体と比較して、電気抵抗率は1.1倍または1.4倍と明確な差は見られなかった。しかし、スリット深さを75mmとした際には2.8倍と電気抵抗率の増大が顕著となった。また図4より、電極間隔を20mmとした場合、電極⑤より左側及び電極⑥より右側の電極のみを使用し測定したケースでは、スリット深さに関わらず電気抵抗率に大きな差はみられなかった。一方、電流を印加する電極及び電位差を測定する電極のいずれかの電極の下部にスリットが存在する電極の組み合わせにおいては、電気抵抗率に明確な変動がみられた。特に、スリット深さを25mmまたは50mmとした供試体中央部分の測定結果(④⑤⑥⑦)は同程度となっているものの、スリット深さが75mmとなると電気抵抗率に約1.4倍の差が確認された。

4. コンクリート中の欠陥を模擬したスリットの有無がモルタル中の電流・電位分布に及ぼす影響

本検討は供試体タイプ2を用いて試験を行った。図5及び図6にスリット導入前の供試体またはスリット深さを75mmとした供試体における電位差測定電極と供試体断面に埋設したステンレス棒との電位差を示す。またこれらの測定結果より推定した等電位線を実線で、さらに等電位線に直交する電気の流れを点線で示す。なお、測定結果は電極間隔を60mmとした際の電流・電位分布を示している。これらの図より、スリット深さが大きくなると特にスリット近傍の供試体中央部の電位差が高くなる傾向がみられる。また、スリット深さが大きいほど等電位線に直交する電気の流れは、スリットの存在に阻害され、電極を設置した面との間の断面に集中していることがわかる。したがって、前述の検討結果よりスリット深さの異なる供試体において測定された電気抵抗率の変動は、供試体中の電流経路の変動に伴う電位差電極間の電圧の増大によるものということがわかった。

5. まとめ

いずれの電極間隔における測定結果においても、供試体底部のスリット深さが大きくなるほど電気抵抗率の増大が明確に確認された。また、スリット深さの異なる供試体における電気抵抗率の変動は、供試体中の電流経路の変動に伴う電位差電極間の電圧の増大によるものということがわかった。

参考文献

- 1) K. Karhunen, A. Seppanen, A. Lehtikoinen, P.J.M. Monteiro, J.P. Kaipio: Electrical Resistance Tomography imaging of concrete, Cement and Concrete Research, pp. 137-145, 2010

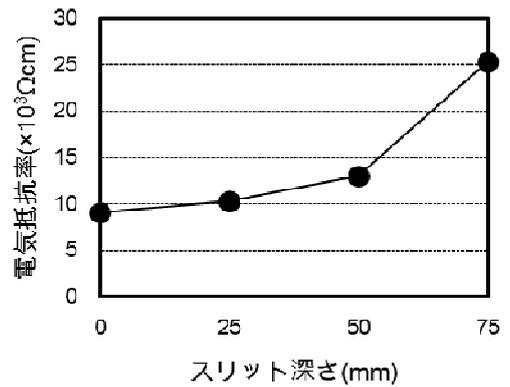


図3 測定結果 (60mm)

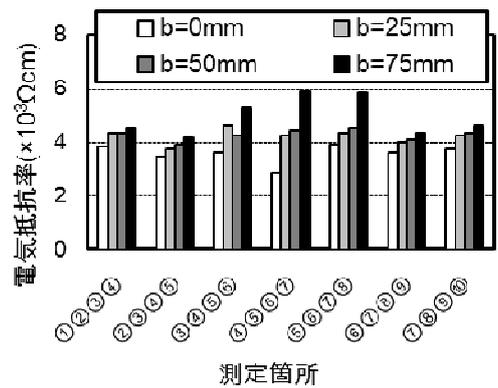


図4 測定結果 (20mm)

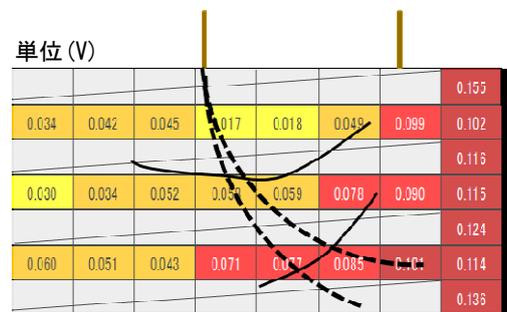


図5 測定結果 (スリット無し)

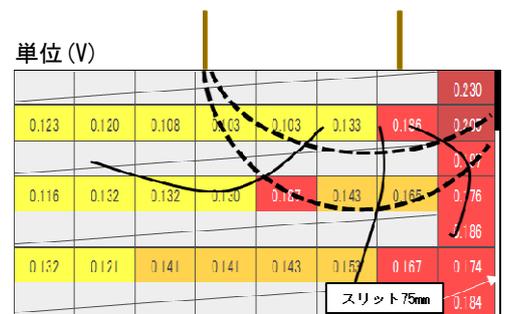


図6 測定結果 (スリット=75mm)