# 鉄筋の局所腐食やコンクリートの浮きが存在する場合の分極抵抗測定電流の分布状況

日鉄住金テクノロジー(㈱) 正会員 〇金田 尚志 日鉄住金テクノロジー(㈱) 正会員 松岡 和巳

# 1. はじめに

コンクリート構造物中の鉄筋の分極抵抗は,携帯型の分極抵抗測定器を用いてコンクリート表面にプローブ(対極+ 照合電極)を設置し,対極からコンクリート内部の鉄筋に交流の測定電流を流した際の電流値とプローブの照合電極の 電位変動から計算される.著者らは測定電流の電流分布状況を境界要素法(BEM)でシミュレーションしており,分極 抵抗測定器が表示する見掛けのコンクリート抵抗:R<sub>s</sub>'(Ω)からコンクリート比抵抗:p(Ω・cm)を算出し,算出されたコンク リート比抵抗:R<sub>s</sub>'(Ω)と見掛けの分極抵抗:R<sub>p</sub>'(Ω)の値から,真の分極抵抗 R<sub>p</sub> (Ω・cm<sup>2</sup>)を推定する手法を提案している <sup>1)</sup>. BEM シミュレーションでは,鉄筋の分極抵抗は全表面一定で,コンクリートと鉄筋が完全に密着していて付着がとれ ているという理想的な条件でシミュレーションを行っている.しかし,実構造物中の鉄筋は局所的に腐食して他の箇所 より分極抵抗の低い箇所が存在したり,コンクリートの浮き・剥離が生じてコンクリートと鉄筋が部分的にしか接触してい ない場合がある.このような状況で分極抵抗を測定すると測定値が変化し,真の鉄筋の分極抵抗の推定に誤差が生じ る.そこで,局所腐食や浮きが存在する場合の分極抵抗測定電流の分布状況をBEMでシミュレーションし,R<sub>s</sub>'やR<sub>p</sub>' がどのように変化するか確認した.

# 2. BEM 解析モデル

実際の構造物に近い配筋状況を仮定して、かぶり 50mm,鉄筋径 16mm, ピッチ 150mm の格子配筋とし、コンクリート表面の対極は、表面側鉄筋の 格子間中央に設置した.左右対称となるので 1/4 モデルとする(図-1). コン クリート比抵抗(全断面均一): $\rho \ge 10^4 (\Omega \cdot \text{cm})$ 、対極の分極抵抗: $R_{p,CE} \ge 1.74 \times 10^5 (\Omega \cdot \text{cm}^2)$ と設定して局所的な鉄筋の分極抵抗低下箇所の設定、 浮き・剥離によって一部分のみ鉄筋とコンクリートを接触しているモデルを 設定した.

#### 3. シミュレーション結果

#### 3.1 理想条件でのシミュレーション結果

鉄筋の全表面の分極抵抗が一定でコンクリートと鉄筋が密着している理 想条件での測定電流の分布状況(電流密度分布)を図-2に示す. 対極下の 鉄筋に測定電流が流入していることがわかる.  $R_s'$ とpは比例関係となる(図 -3). pが 10<sup>3</sup>, 10<sup>4</sup>, 10<sup>5</sup>( $\Omega$ ·cm)と変化した際の  $R_p$ 'と $R_p$ の関係を図-4 に示す. pが低い場合,測定電流はコンクリート中を流れやすいため,広い範囲の鉄

筋に分散して流入するため,見 掛けの分極抵抗:**R**<sub>p</sub>'が小さくな り,反対にpが高い場合は,コン クリート中を電流が流れにくくな るため,測定電流は対極下の狭 い範囲の鉄筋に流入する.電流 の流れる鉄筋面積が小さくなり



キーワード コンクリート比抵抗,分極抵抗, BEM, 局所腐食, 浮き

連絡先 〒299-1141 千葉県君津市君津1番地 新日鐵住金㈱ 君津製鐵所内 日鉄住金テクノロジー㈱TEL 0439-50-2888 (内 3721)





図-2 理想条件での電流分布状





#### 図-6 浮き・剥離がある場合の電流分布, ベクトル

電位変動が大きくなるため, R<sub>p</sub>'が大きくなることが確認できる. 実構造物の調査では, 分極抵抗測定器が表示する R<sub>s</sub>' から図-3 を用いてρを算出し, 算出されたρを用いて図-4 のような R<sub>p</sub>'と R<sub>p</sub>の関係を BEM シミュレーション求め, 分極 抵抗測定器が表示する R<sub>p</sub>'から真の鉄筋の分極抵抗:R<sub>p</sub>を推定している.

### 3.2 鉄筋に局部腐食がある(部分的に分極抵抗が低い箇所がある)場合のシミュレーション結果

分極抵抗測定電流は,鉄筋の分極抵抗が低い箇所に集中して流入する. 図-5 に分極抵抗を 1/100 に設定した範囲 を設けたモデルの電流分布状況を示す.鉄筋表面全体の分極抵抗が  $10^6(\Omega \cdot cm^2)$ と一律の場合,図-4 の赤線の右端 の値は, $R_p$ '=442.1( $\Omega$ )であり,部分的に分極抵抗が低い箇所が存在すると,見掛けの分極抵抗  $R_p$ 'が小さくなり,分極 抵抗が低い箇所が対極に近いほど  $R_p$ 'が低下することが確認される.  $R_s$ 'の値がどのケースも同一値になるのは,コンク リート抵抗測定時の高周波数の測定では,測定値に鉄筋の分極抵抗成分が含まれないためである.

### 3.3 コンクリートに浮きがある場合のシミュレーション結果

分極抵抗測定電流は、コンクリートを介して内部の鉄筋に流入するが、コンクリートに浮き・剥離が生じている箇所から は鉄筋に測定電流は流入せず、コンクリートと鉄筋が一体化している箇所から流入する. 図-6 に浮き・剥離のある場合 の電流分布とベクトルを示す. 部分的にコンクリートと鉄筋が接している箇所は、図-5 で部分的に分極抵抗を低く設定 した箇所と同一とした. 浮き・剥離部には電流が流れず、対極とコンクリート・鉄筋接触界面でのみ電流が流出入してい ることがわかる. 電流の流れる範囲が制限されるため、 $\mathbf{R}_{s}$ '、 $\mathbf{R}_{p}$ 'ともに理想条件と比較して増加することが確認される. 図-6 の右側の対極下で接しているモデルの $\mathbf{R}_{p}$ 'が高い理由は、対極と鉄筋の間隔が狭いため、分極抵抗が高くなるに つれ、対極と鉄筋の電位差が小さくなり、 $\mathbf{R}_{p}$ 'を算出する際の電流変動量: $\Delta I$  が小さくなり、電位変動量: $\Delta E$  が大きくな り、計算される  $\mathbf{R} = \Delta E / \Delta I$ の値が大きくなるためである.

#### 4. まとめ

分極抵抗測定電流は、鉄筋の分極抵抗の低い箇所に流入し、その箇所が対極に近いほど、 $R_p$ 'の値が小さくなることを示した.また、浮き・剥離が生じていると  $R_s$ '、 $R_p$ 'ともに増加する.コンクリートと鉄筋の接触箇所が近いほど  $R_s$ 'の値は小さくなるが、 $R_p$ 'は分極パラメーター: $L_p(cm)=R_p(\Omega \cdot cm^2)/\rho(\Omega \cdot cm)$ を用いて、 $L_p<1cm$  で電流が集中して流れる場合を $L_p>1cm$  で電流が分散して流れる場合で条件が異なるため、今後も検討していきたい.

## 参考文献

1) 金田尚志, 松岡和巳: セル定数を用いたコンクリート比抵抗と等価被測定面積を用いたコンクリート中の鉄筋の分極抵抗の推定, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.1834-1839, 2012.7