格子鉄筋の分極抵抗測定時の電流分布シミュレーション

(株日鐵テクノリサーチ 正会員 〇金田 尚志 新日本製鐵㈱ 正会員 松岡 和巳

1. はじめに

コンクリート中の鉄筋の腐食速度の推定手法として分極抵抗法が用いられており、測定精度の向上や評価手法の確 立が期待されている.一般に鉄筋の分極抵抗は、コンクリート表面に設置されたプローブの対極から内部の鉄筋に向 かって高低2周波数の交流電流を印加して測定される.室内実験モデルのように、供試体内に鉄筋が1本だけ配筋さ れている場合(単鉄筋モデル)、供試体内の1本の鉄筋に全測定電流が流入する.しかし、実構造物の調査を行う場合、 通常は鉄筋が格子状に配筋されており、また供試体のようにコンクリートの寸法が制限されていないため、電流は拡散 して流れる傾向となる.そこで、格子鉄筋の分極抵抗を測定した場合の電流分布状況を境界要素法(BEM)を用いて 把握し、コンクリート内部のどの範囲の鉄筋が測定対象となっているかを確認した.

2. BEM による電流分布解析手法と電流の拡散傾向

松岡らは3次元BEM解析によるコンクリート中の電流分布解 析手法を開発し,各種実験によりその有効性を確認しており^{1),} ²⁾,本シミュレーションにおいても,その手法を踏襲している.図 -1に解析モデル例を示す.対極を鉄筋直上に配置した場合は, 対極と鉄筋の幾何学的配置が対称となるため,節点数の削減 のため1/4モデルとした.対極は分極抵抗測定器のプローブに 用いられているものと同一寸法としている.対極は2重リング構 造となっているが,電気的に短絡させて単対極式としている. 鉄筋は呼び径の円筒モデルとし,ある比抵抗を持つ一様なコ ンクリート内に埋設されている.ここで,鉄筋の電位を0.0V,対 極の電位を1.0Vと設定しこの電位差1.0Vを起電力として鉄筋 と対極に流出入する電流を計算する.電位をそれぞれ 0.0V, 1.0Vに設定するのは,BEMで計算されたプローブ中心での電



図-1 解析モデル例

表-1 測定電流の拡散傾向

電流分布に影響を及ぼす要因	小さい	大きい
かぶり厚	集中	拡散
鉄筋のピッチ	拡散	集中
コンクリート比抵抗	拡散	集中
対極と鉄筋の分極抵抗	集中	拡散

位がそのまま電位変動分と等しくなり、後の計算が簡単になるからである.実際の測定においては、適切な測定条件となるように測定器が分極電圧 Vpを自動的に設定するため、起電力は 1.0V と一定にはならないが、ある定数を一様に乗じることで実構造物の電流分布状況を再現することができる.

測定電流の分布状況は、対極の寸法、配筋状況、コンクリートの比抵抗、対極と鉄筋の分極抵抗によって変化する. 対極からの電流が対極直下の鉄筋に集中して流れるか、拡散して流れるかの傾向を簡単にまとめると表-1 のようになる. 例えば、かぶり厚が小さい場合は、測定電流はプローブ直下の鉄筋に集中して流れ、かぶり厚が大きくなるにつれて電流は拡散して流れる範囲が広くなることを示している.

3. 格子鉄筋の電流分布状況

シミュレーションモデルは,壁面・床版を想定して等間隔の格子配筋とする. 表-1 に示すように,電流分布は種々の 要因により変化するが,ここでは,コンクリート比抵抗を $10^5\Omega$ ・cm,対極の分極抵抗を $1.74 \times 10^5 \Omega$ ・cm²(実測値),鉄筋 の分極抵抗を $10^6 \Omega$ ・cm²,鉄筋径を16mm とした. ピッチを100mm に固定してかぶり厚を30mm,50mm,100mm と変 化させた場合(3 モデル),かぶり厚を50mm に固定してピッチを125mm,150mm,200mm と変化させた場合(3 モデル) の合計 6 モデルの電流分布シミュレーションを行った. 図-2 に電流密度分布状況を示す. 起電力を1.0V に固定して

連絡先 〒299-1141 千葉県君津市君津1番地 新日本製鐵㈱ 君津製鐵所内 ㈱日鐵テクノリサーチ TEL 0439-50-2888 (内 3721)

キーワード 分極抵抗, BEM, 電流分布, 格子配筋



図−2 格子配筋の電流密度分布と各鉄筋への電流流入量の割合

おり、かぶり厚が増加し、ピッチが大きくなると総電流量が小さくなるため、各鉄筋への電流流入量の違いが電流密度 分布ではわかりにくい. そこで、それぞれの鉄筋に測定電流の何%が流れるかを併記した. かぶり厚が小さく、またピッ チが大きくなるにつれ、プローブ直下の鉄筋へ集中して電流が流れていることが確認でき、かぶり厚とピッチが電流分 布状況に影響することがわかる. 上記のシミュレーションでは、鉄筋の分極抵抗を不動態領域と想定して $10^{6}\Omega \cdot cm^{2}$ と 高めに設定しているため、電流が比較的広範囲に流れている. 次にかぶり厚を50mm、ピッチを100mmに固定し、コン クリート比抵抗を $10^{5} \rightarrow 10^{4}\Omega \cdot cm$ 、鉄筋の分極抵抗は腐食初期段階を想定して $10^{6} \rightarrow 10^{4}\Omega \cdot cm^{2}$, 鉄筋径を $16 \rightarrow 22mm$ に変更した場合のシミュレーション結果を図-3 に示す. なお、対極の分極抵抗と起電力は変更していない.



図-3 各種条件が変化した場合の電流密度分布と各鉄筋への電流流入量の割合の割合

コンクリート比抵抗が小さくなると、コンクリート中を電流が流れやすくなり、電流は拡散して流れ、鉄筋の分極抵抗が 小さくなると、鉄筋に電流が流入しやすくなり、プローブ直下の鉄筋に集中して電流が流入する.鉄筋径が大きくなると、 コンクリート表面側の鉄筋表面積が増加し、内側の鉄筋のかぶり厚が増加するため、表面側の鉄筋に流入する電流の 割合が増加していることがわかる.図-2、3の結果から表-1の傾向を確認することができる.

4. まとめ

電流の拡散性状に影響を及ぼす各種要因(かぶり厚,鉄筋のピッチ,コンクリート比抵抗,鉄筋の分極抵抗,鉄筋 径)を変化させてBEMによる電流分布シミュレーションを行うことで,格子鉄筋の分極抵抗測定時の電流分布状況を把 握できることを示した.実構造物の鉄筋の腐食調査を行う際,測定電流の作用する範囲の推定に有効な手法である.

参考文献

1) 松岡和巳:コンクリート中鉄筋の分極抵抗測定値の定量評価について,日本材料学会腐食防食部門委員会例会資料,2007.7

2) 松岡和巳:コンクリート中電流分布を考慮した分極抵抗値の推定-マクロセル腐食への適用-,腐食防食協会「マクロセルシンポジウム」資料,2007.12