

第V部門 二電極法による分極抵抗の推定におけるガード対極の効果に関する基礎的研究

大阪大学工学部 学生会員 ○南浦七海
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤広基
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田敏郎

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 渡邊雅大
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 服部晋一

1. はじめに

既往の研究¹⁾において、二電極法を用いてモルタル中の鉄筋の分極抵抗を推定できる可能性が示唆されている。ただし、かぶり大きい条件や電極間距離が小さい条件では、分極抵抗の推定が難しくなる場合もあることが明らかとなっている。これは、電流がモルタル表層部に多く流れる一方で、鉄筋に流れる電流が小さくなることその原因と考えられる。

そこで本研究では、主対極から鉄筋に流れる電流量をより大きくするために、ガード対極を二電極法に取り入れた解析的検討を行った。具体的には、ガード対極の有無による分極抵抗値の検討を行うとともに、測定条件がガード対極を用いた分極抵抗の推定に与える影響について検討を加えた。また、ガード対極を用いた二電極法の測定に関する実験的検討も行った。

2. ガード対極を用いた分極抵抗の推定に与える影響に関する解析的検討

2.1 解析概要

本研究では、3次元有限要素法による電場解析を行った。解析モデルは、対称性を利用し、Y軸方向の1/2モデルとした。モデルの寸法は、700mm(X軸方向)×350mm(Y軸方向)×350mm(Z軸方向)とした。内部鉄筋は $\phi=16\text{mm}$ の丸鋼とし、かぶりは30mm、40mmおよび50mmの3水準とした。節点電位は片方の電極を30V、もう一方の電極を0Vとした。電流値を計測する電極を主対極と定義し、寸法は、40mm(X軸方向)×20mm(Y軸方向)×10mm(Z軸方向)とした。ガード対極は主対極に対して4mmの間隔をあけ、主対極を囲むように設定した。このガード対極には、主対極から流れる電流の分散を抑制し、モルタル表層部

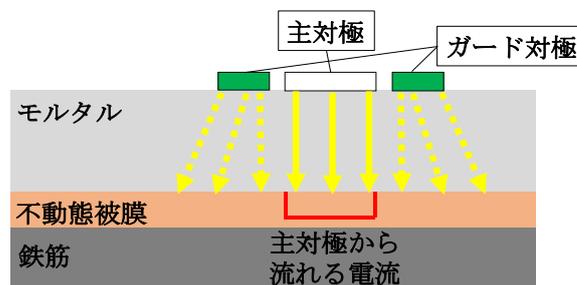


図-1 ガード対極の効果

における電流を鉄筋に流れやすくする役割がある(図-1参照)。ガード対極の大きさは、幅20mmおよび10mmの2水準とし、ガード対極を用いない場合と比較を行った。また、主対極内側端部間の距離(以下、電極間距離と称す)は、50mmおよび100mmの2水準とした。モデルの電気抵抗率は、モルタルは $27.7\Omega\text{m}$ 、電極は $7.1\times 10^{-7}\Omega\text{m}$ 、鉄筋は $1.0\times 10^{-6}\Omega\text{m}$ と設定した。

低周波測定においては鉄筋表面に分極抵抗層を設け、分極抵抗が $20\text{k}\Omega\text{cm}^2$ 、 $40\text{k}\Omega\text{cm}^2$ および $90\text{k}\Omega\text{cm}^2$ となるよう3水準の物性値を設定し、周波数を0.1Hzとした。一方、高周波測定においては分極抵抗値をゼロと仮定し、分極抵抗の層を設けずに解析を行い、周波数を73.3Hzとした。

2.2 分極抵抗比の定義について

鉄筋に、どの程度の電流が流れているのかを評価するにあたり、本研究では分極抵抗比という指標を定義した。分極抵抗比を式(1)に示す。

$$\begin{aligned} \text{分極抵抗比} &= \frac{R_{fL} - R_{fH}}{R_{fL}} \\ &= \frac{\text{分極抵抗 } R_p}{\text{分極抵抗 } R_p + \text{モルタル抵抗 } R} \quad (1) \end{aligned}$$

ここで、 R_{fL} :低周波測定での電気抵抗(Ω)、 R_{fH} :高周波測定での電気抵抗(Ω)、 R_p :分極抵抗(Ω)である。

この分極抵抗比は、低周波で求めた電気抵抗 R_{FL} の大きさに占める分極抵抗 R_p の大きさの割合を示し、鉄筋に、どの程度の電流が流れているのかを評価できる。

2.3 解析結果および考察

(1) ガード対極の有無が分極抵抗比に与える影響

かぶり 40mm、電極間距離 50mm の条件における電極の種類と分極抵抗比との関係について図-2に示す。図より、ガード対極を用いた場合の方が、ガード対極を用いない場合と比較して分極抵抗比が大きくなった。これは、ガード対極を用いることで鉄筋に電流が流れやすくなったことを示す。

(2) かぶりによる影響

電極間距離 100mm の条件におけるかぶりの大きさと分極抵抗比との関係を図-3に示す。図より、かぶり 50mm の条件において、ガード対極 20mm の場合の分極抵抗比は、ガード対極を用いない場合と比較して約3倍となり、ガード対極の効果が確認できた。

3. ガード対極を用いた二電極法の測定に関する実験的検討

3.1 実験概要

本研究で使用した供試体は、 $W/C=50\%$ 、 $S/C=3.0$ の鉄筋モルタル供試体である。寸法および形状は、250mm(縦幅)×500mm(横幅)×200mm(高さ)の角柱であり、 $\phi=16\text{mm}$ の丸鋼をかぶり 30mm となるように埋設した。測定には LCR メーターを使用し、測定周波数を 0.01~1000Hz の間で変化させた交流電圧(=1V)を与え、インピーダンスの絶対値と位相角を測定した。また、midi LOGGER GL980 を用いて、主対極につながる導線に設置した微小抵抗(=10 Ω)の電位差を測定し、主対極に流れる電流値を算出した。主対極は、40mm×40mm×10mm の直方体とした。ガード対極は 40mm×88mm×10mm の直方体を 4 つ組み合わせて作製した。また、ガード対極は主対極と 4mm の間隔をあけて主体極を囲むように設置した。電極の材質は SUS304 とした。電極の設置位置は鉄筋軸方向に対して平行とし、電極間距離は 100mm とした。ここで接触抵抗の影響を低減するために、供試体の測定面を約 0.1mm 程度研磨し、接触媒質と

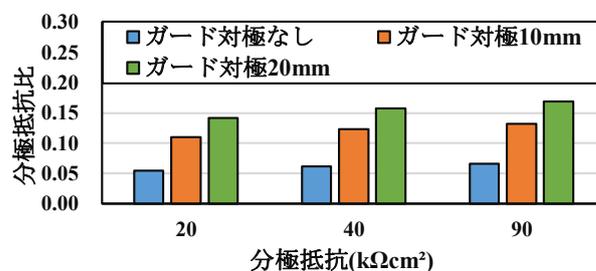


図-2 電極の種類と分極抵抗比との関係

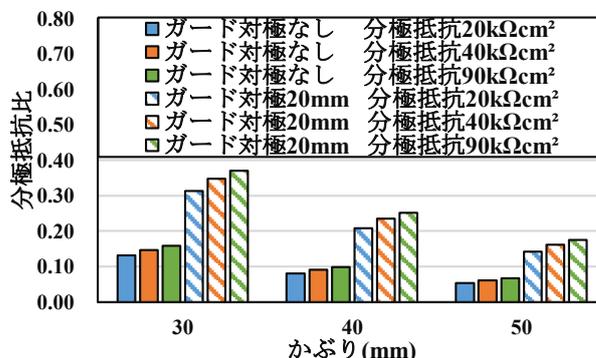


図-3 かぶりと分極抵抗比との関係

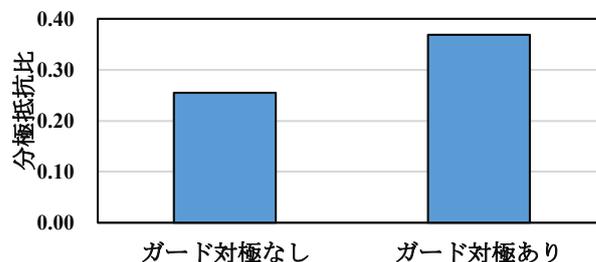


図-4 電極の種類と分極抵抗比との関係

して、ケラチンクリームを使用した。

3.2 実験結果

図-4に実験結果を示す。図より、ガード対極を用いた場合の方が、ガード対極を用いない場合と比較して、分極抵抗比が大きくなった。この結果より、ガード対極を用いることで鉄筋に電流が流れやすくなることが実験的に明らかとなった。

4. まとめ

- (1) ガード対極を用いた場合の方が、ガード対極を用いない場合と比較して分極抵抗比が大きくなり、鉄筋に流れる電流が大きくなる。
- (2) かぶりが大きい場合の条件においても、ガード対極を用いた二電極法により、分極抵抗の推定ができる可能性が示唆された。

参考文献

眞下裕也ら：二電極法によるモルタル中の鉄筋の分極抵抗の推定，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第19巻，pp.211-216，2019