

V-341

鉄筋腐食診断における電流拡散の理論的・実験的研究

西日本旅客鉄道株式会社

正会員

荒木

弘祐

早稲田大学

正会員

関

博

東電設計株式会社

正会員

金子

雄一

1 まえがき

鉄筋コンクリートを非破壊診断する方法として、電気化学的方法が注目されている。この方法の中の一つは、量的、質的な情報を得られる方法であるが、実用には問題点が残っている。これは、鉄筋と電極間にコンクリートかぶりが存在するため、電極からの電流が拡散し（これを電流拡散と呼ぶこととする）、鉄筋に関する情報が分散することにより鉄筋の測定箇所が不明となるためである。電流拡散の補正方法は、様々な研究者によって研究されているが、理論値と実験値の整合性を確認したものはない。そこで本研究においては、新たに電流拡散の理論式を誘導し、実験で得られた現象でこれを確認することを目的とした。

2 流線モデルと電流拡散の解析方法

実際のコンクリート供試体の各部に流れる応答電流を解析するには、各部にコンクリート要素を分割し、解析していく必要がある。解析の簡便化のため、単純化したコンクリート流線モデルを図1に示す。分割数を n 、要素番号を m とする。

各要素の高さは Z_m で示される。また、コンクリートかぶりの厚さを H 、対極一辺の長さを a とすると、 Z_m は以下の式によって算出される。

$$Z_m^2 = \left\{ \left(x_0 + \frac{am}{n} - \frac{a}{2n} \right) - \left(\frac{mL}{n} - \frac{L}{2n} \right) \right\}^2 + H^2 \quad (1)$$

よって、要素 m の応答電流 $I_m(t)$ は以下のように算出できる。

$$I_m(t=0) = \frac{\Delta E}{R_{Zm}} \quad I_m(t=\infty) = \frac{\Delta E}{R_{pm} + R_{Zm}} \quad (2)$$

$$R_{Zm} = \frac{Z_m \cdot \rho \cdot n}{a(L-2r)} \ln \frac{L}{2r} \quad (L \neq 2r) \quad R_{pm} = \frac{R_t \cdot n}{2r \cdot L}$$

また、全応答電流に対する各要素応答電流の比率はそれぞれ以下の式によって与えられる。ここで、 I を全応答電流、全瞬間値に対する各要素瞬間値を $P1(m)$ 、全定常値に対する各要素定常値を $P2(m)$ とする。

$$P1(m) = \frac{I_m(t=0)}{I(t=0)} \times 100(\%) \quad P2(m) = \frac{I_m(t=\infty)}{I(t=\infty)} \times 100(\%) \quad (3)$$

式(3)式から、各要素に流れ込んでいる分極電流の割合を算出することが出来る。

4 実験方法

実験には、 $W/C=0.6$ のコンクリートに塩化ナトリウムを 15kg/m^3 を混合したものを使用した。実験供試体、実験回路の概略図を図7に示す。図中の(A)は電流計を示す。照合電極は銀・塩化銀照合電極を使用し、対極は $50 \times 50 \times 1\text{mm}$ でヌ

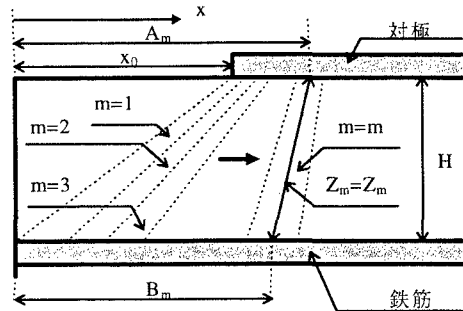


図1 各要素の流線モデル

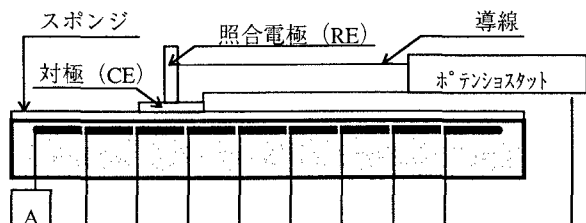


図2 マクロセル電流測定試験回路

キφ 10mm のステンレス板を用いた。照合電極及び対極と供試体表面の境界には、接触抵抗の影響を極力取り除くため、飽和酸化カルシウム溶液を浸したスポンジを測定面全体に設置した。材齢 19 日から定期的に電位規制法により測定を実施した。この測定回路により、マクロセル電流、各鉄筋に流れ込む応答電流を測定した。

5 実験結果及び考察

実験において測定された P1、P2 の再現性についてシミュレーションを行う。セル鉄筋自然電位、マクロセル電流から腐食判定を行い、各セル鉄筋の単位分極抵抗を設定する。腐食部は単位分極抵抗、 $8000 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 、中間部は単位分極抵抗 $16000 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 、健全部は単位分極抵抗 $30000 \Omega \cdot \text{cm}^2$ とした。このシミュレーション結果を図 5、図 6 に示す。また、実際に得られた P1、P2 の分布を図 3、図 4 に示す。これらの図において、横軸はセル鉄筋 No. であり、縦軸は全応答電流 (A) に対する各セル鉄筋の応答電流 (A_i) の比率 (%) である。

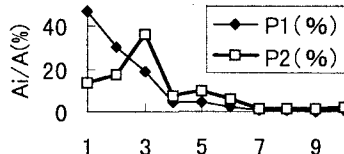


図3 P1、P2分布(供試体No.1)

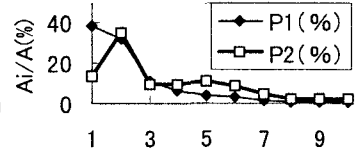


図4 P1、P2分布(供試体No.3)

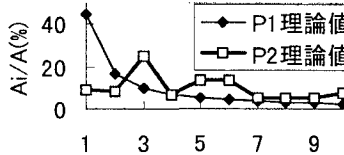


図5 P1、P2分布(供試体No.1)

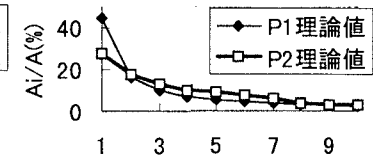


図6 P1、P2分布(供試体No.3)

瞬間値は理論式を見ても分極

抵抗に無関係であるため、コンクリートが均一であれば図 5、図 6 のようにきれいな減衰曲線を描くはずである。実測値においても瞬間値の比率 P1 はきれいな減衰曲線を描いているといえる。理論的にも実測値においてもこれを確認できたため、理論式によるかぶり抵抗算出方法は実測値を良く近似できているといえる。

定常値は理論式を見ても、大きく分極抵抗の影響を受けることが分かる。腐食部の分極抵抗は健全部の分極抵抗に比べ非常に小さく、このため、以前から対極周辺に腐食部が存在する場合は、応答電流の多くがこの腐食部に流れ込み、対極真下の鉄筋を測定できないと指摘されてきた。このことは、今回の実験により具体的に確認できたといえる。実測値の図 3、図 4 を見ると、対極位置はセル鉄筋 No.1 の真上に配置したのにも関わらず、応答電流は対極位置真下のセル鉄筋 No.1 ではなく、No.3、No.2 に流れ込んでいることがわかる。これは、明らかに電流拡散を生じていることを示しており、当初の目的を確認できたと考えられる。

さらに、理論式による応答電流の分布 (図 5、図 6) を見ると、供試体 No.1 の図 5 は図 3 の実測値の傾向をとらえているといえる。しかしながら、供試体 No.3 の図 6 を見ると、実測値と理論値の応答電流の分布が一致していないことがわかる。これは、供試体 No.3 は実際には複雑な腐食形態をとっていると思われる、最初に設定した単位分極抵抗が実測値と大きく異なっていたためと思われる。供試体 No.1 におけるように、独立電位、マクロセル電流が明らかに腐食状況を示している場合は今回の解析方法により実験傾向をある程度とらえることが出来ると思われる。

6 結論

今回の実験結果から、電気化学的な測定方法においては実際に電流拡散を生じていることが明らかになった。また、腐食状況により、理論式を用いてこの電流分布を再現することが可能であると思われる。

謝辞 本研究を実施するに当たり卒論生の小山 雅義君 (株)ピー・エス)、土屋 三智久 (建設技術研究所) に御協力して頂いた。記して感謝の意を表す次第である。