

V-128

自然電位を用いた3次元有限要素法による腐食電流解析

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 鳥取 誠一
 （株）CRC総合研究所 辺見 茂

1. はじめに

コンクリート中の鉄筋自然電位は測定が比較的容易であることから、非破壊診断法の一つとして広く用いられているが、自然電位の測定結果のみでは鉄筋腐食に対して定性的な評価しかできない。こうしたことから、自然電位の測定値から腐食電流を求め、鉄筋腐食性状をより定量的に評価することが考えられる。

自然電位の測定値から腐食電流を推定することは、順問題を繰り返して解く必要のある逆問題に相当する。しかし、逆問題の多くは推定のために必要なデータ数に比べて、利用できるデータ数が極端に少ない不適切な問題になっており、一意的かつ解析的に解くことは不可能であり、解の推定も非常に困難な場合が少なくないとされている¹⁾。

小山ら²⁾はこの点に関して自然電位の測定結果と有限要素法に基づく電場解析を組み合わせる腐食電流を算定する方法を提案し、海洋環境に暴露したコンクリート供試体中の鉄筋腐食量と解析値は比較的よく一致することを示した。しかしながら、ここで示された有限要素解析は2次元解析であり、鉄筋の板厚・断面積等の要素の与えかたに関しては必ずしも明確にされていない。また、実構造物における3次元的な配筋を対象とする場合には、2次元解析では適用の限界があると考えられる。そこで、筆者らは鉄筋コンクリート部材を対象とした3次元の電場解析コードを作成し、格子状の配筋を有する供試体（図1参照）の3次元の電場解析を行い、自然電位、各鉄筋間の電流を求めた。本報はこれらの解析方法および結果の概要をとりまとめたものである。

2. 有限要素法

2.1 有限要素法による順解析と逆解析

順解析、つまり境界条件と微分方程式が与えられたときの通常の有限要素法解析の部分は節点上の電位 ϕ を未知数とする通常の方法で、電流保存則（ $\text{div} \mathbf{J} = -\text{div}(\sigma \text{grad} \phi) = 0$ ）を解くものとする。ここで σ は電気伝導度で比抵抗 ρ の逆数である。逆解析については小山らの論文と同様な手法を採用した。ただし、イタレーション回数は収束性を視察で判断し、2回にとどめた。

2.2 コンクリート供試体と測定点

測定したコンクリート供試体はすべて形状的に同一であり、図1のようにになっている。図中の内側に描かれた実線は埋めこんだ鉄筋に対応する。鉄筋は10本あり、それらに鉄筋番号を図1のように対応させる。また、自然電位測定は鉄筋真上と真下で実施し、測定点 $65 \times 2 = 130$ 点である。

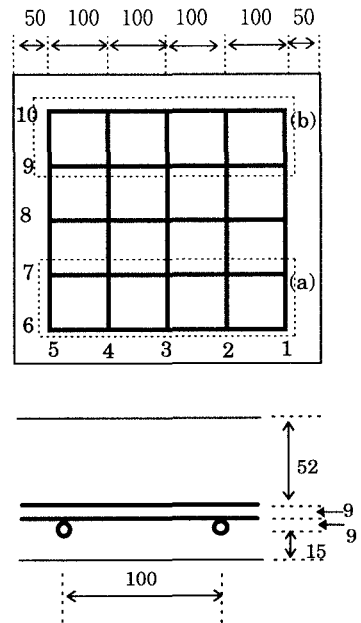


図1 供試体平面図および側面図

キーワード：鉄筋腐食，自然電位，非破壊検査，有限要素法，逆問題

連絡先：〒185 8504 東京都国分寺市光町2-8-28 Tel:(0425)73-7279

3. 検証解析

3.1 検証問題概要

検証解析問題として鉄筋表面から出入りする電流密度（経験値から $1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ とした）を半分側から残り半分側に電流が流れるようにして、つまり、図1の(a)の部分から(b)の部分に電流が流れるようにして、順問題をまず解く。

その結果、コンクリート表面の電位が計算結果として得られる。次にその表面電位を仮想的な実験データとしてして入力データを与え、逆解析をおこない全体の電位分布を再度もとめる。得られた電位分布の結果から、鉄筋表面から出入りする電流密度を求める（この時、構造有限要素法の節点反力を求める方法を使った）。この両者の比較でコードの検証とできる。

3.2 検証問題解析結果

逆解析まで進んで求めた出力電流の対応を図2に示す。図3は逆解析まで実行して得られた電流密度ベクトル図である。図2の入力と出力はよく対応しており、図3も良好な結果であるといえる。

4. 自然電位の測定値を用いた解析

図1の供試体の自然電位測定例を図4に示す。ここで得られた測定値を用いて逆解析をおこなった。この場合、コンクリート比抵抗を $7 \text{ k}\Omega \cdot \text{cm}$ とした。図5にコンクリート表面の電位解析結果と測定値を示す。両者はほぼ一致した値を示すことがわかる。図6は鉄筋電流の結果である。比抵抗は状況により数倍の不定性がある。その意味から図2と図6は同程度になっていると言える。

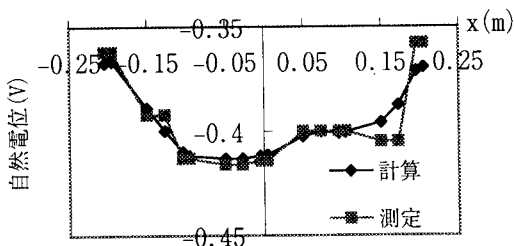


図5 実測問題電位計算結果例

参考文献

- 1) 青木繁，天谷賢治，「あいまいな先験情報を利用した逆問題」，計算工学，日本計算工学会 Vol.1 No.3 1996, pp128-136.
- 2) 小山理恵，矢島哲司，魚本健人，「自然電位を用いた鉄筋腐食状態の推定方法に関する基礎的研究」，土木学会論文集 No.550, pp.13-22, 1996.11.

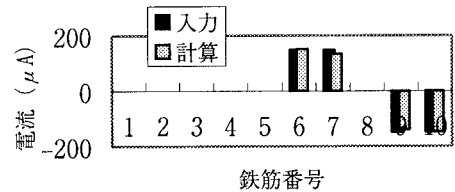


図2 検証問題鉄筋電流計算結果

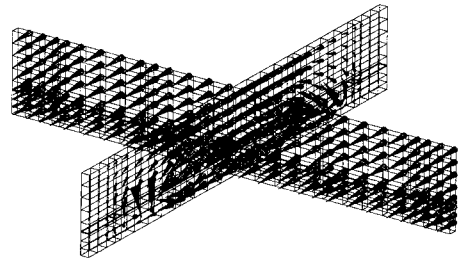


図3 検証問題逆解析電流密度
(2層のみプロット)

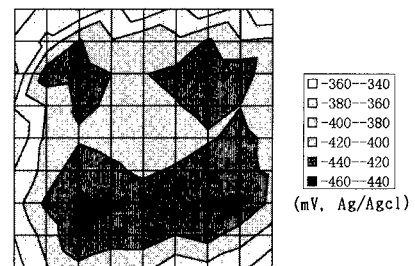


図4 自然電位実測図

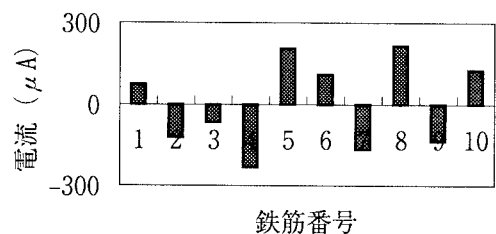


図6 実測問題鉄筋電流計算結果