

自然電位法の逆解析 IBEM の開発

熊本大学大学院 学生会員 ○橋本 毅
熊本大学大学院 学生会員 慶 済運
熊本大学工学部 非会員 松浦 恵理子
熊本大学大学院 正会員 大津 正康

1. はじめに

非破壊検査による鉄筋腐食の評価法として使用されている自然電位法は、コンクリート表面での電氣的評価に過ぎず、かぶりや内部欠陥等による不確実性が指摘されている¹⁾。本研究では、境界要素法(BEM)を簡略化した逆解析法(IBEM)により、コンクリート表面電位を鉄筋上電位へ変換することでそれらの影響を軽減し、鉄筋腐食域を定量的に評価する手法の実用化について検討を行った。

2. 実験方法

実験に用いた鉄筋コンクリート供試体(かぶり 5cm)は図-1のような10×57×101cmの床版供試体で、練り混ぜ水には供試体左側に純水、右側に3%のNaCl溶液を用いた。その配合を表-1に示す。なお、供試体は2種類作成し、1つは構造物中に内部欠陥がある場合を考慮するため、かぶりの中央に図-1のように厚さ1cmの発泡スチロールを入れることで、仮想空隙を作成した。もう1つの供試体は、健全な鉄筋コンクリートに幅0.3cm深さ2.5cm長さ47cmのクラックを図-1に示す位置に入れた。そして、図-2のように鉄筋を陽極、銅板を陰極として電食実験を実施し、鉄筋の腐食を促進させた。実験では自然電位の測定を行う時以外は、300mAの定電流を0~36時間通電させた。また、自然電位およびコンクリート抵抗の測定には、照合電極として銀-塩化銀電極を用い、0~36時間まで数時間毎に測定した。なお、測定点は供試体の表面に格子点45点(11cm間隔)を取った。

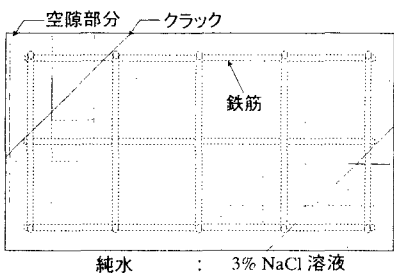


図-1 床版供試体図

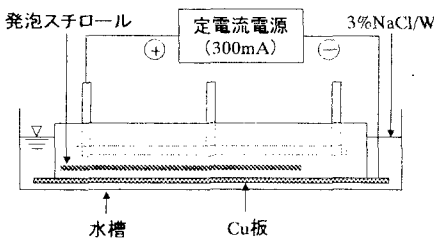


図-2 電食実験装置の概略図

3. 解析手法

3次元BEM解析はコンクリート表面全てにおいて境界要素をモデル化する必要があるため、実用的ではない。そこで、自然電位を計測した面のみを S_k とする半無限体として考え、3次元BEM解析を簡略化した3次元IBEM解析²⁾を適用した。

$$U_j = - \int_{S_k} \frac{\partial G_{ij}}{\partial n} U_i dS \times R \quad \cdots (1)$$

ここで、 U_i : 測定値、 U_j : 内部点の電位、 R : コンクリートの相対抵抗値
式(1)に基づいて、コンクリート表面の電位より鉄筋表面部のコンクリート電位を計算した。

表-1 コンクリートの配合

最大粒径 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				NaCl/W(%) (供試体右側)	スランプ (cm)	空気量 (%)
			W	C	S	G			
20	50	45	172	344	825	1021	3	4.9	5.2

4. 結果および考察

図-3 および図-5 は、電食開始から 36 時間後に取り出した実際の鉄筋の腐食状態である。空隙のある供試体では、コンクリート表面で測定した自然電位をそのまま ASTM 規格と照らし合わせた場合、空隙部分で腐食状態は一致しない。そこで、空隙の有無によりコンクリート抵抗値が変化することから、コンクリート抵抗の相対値を求めることを考えた。これを R_c とすると、

$$R_c = \frac{R_{nv}}{R_v} \cdots (2)$$

ここで、 R_{nv} : 空隙がない部分のコンクリート抵抗の平均値、

R_v : 空隙部分のコンクリート抵抗の平均値

この R_c を式 (1) に代入し、鉄筋上に変換した電位を求めた。その結果を図-4 に示す。空隙のある供試体では、コンクリート抵抗を考慮することで空隙部分についても腐食状態の判断が十分に把握できることがわかる。

一方、クラックのある供試体では $R=1.0$ として 3 次元 IBEM 解析を行った場合、供試体左側部分におけるクラック真下の鉄筋部分の腐食状態が一致しなかった。そこで、コンクリート抵抗の関係から式 (3) を求めることを考えた。

$$R_{ap} = \frac{R_{ave}}{R_p} \cdots (3)$$

ここで、 R_{ave} : コンクリート抵抗の平均値、

R_p : 各測定点のコンクリート抵抗値

式 (3) から求めた R_{ap} を式 (1) に代入し、鉄筋上に変換した電位を求めた。その結果を図-6 に示す。供試体が健全な場合は、クラック真下の鉄筋以外はかなりの確に腐食状態を評価することができ、式 (3) を導入することでクラック真下の鉄筋についてもある程度腐食状態の判断ができることが確認できた。

5. 結論

本研究では、鉄筋コンクリート構造物を非破壊的に内部の鉄筋の腐食状況を評価することを目的として、非破壊検査の中でもっとも代表的な自然電位法について補正法および逆解析法の検討を行った。その成果については、次のような結論となる。

- (1) コンクリート表面で測定した自然電位を ASTM 規格により直接に腐食状態を判断せず、IBEM 解析により鉄筋上電位に直すことで、鉄筋の腐食状態の範囲を定量的に決定しうる。
- (2) 構造物中に空隙やクラックが生じている場合は、コンクリート抵抗の相対値を求め、IBEM 解析を行うことで実際の腐食状態に近づくことが確認できた。これを手順化すれば、特定の鉄筋上の腐食領域を定量的に決定できると考えられる。

参考文献

- 1) Misra, S. and Uomoto, T.: Corrosion of Rebars under Different Condition, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.12, No.1 pp,825-830 1991.6
- 2) 大津正康, 慶済運: 鉄筋腐食の非破壊評価のための自然電位法の改良に関する研究, 土木学会第 56 回年次学術講演会 pp,828-829 2001.10

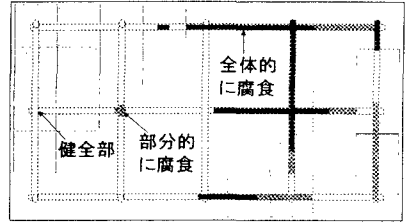


図-3 はつり結果 (空隙)

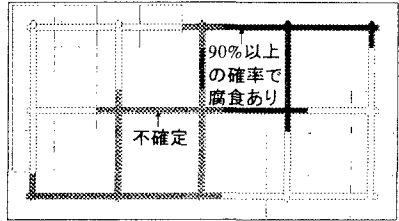


図-4 IBEM(R_c)解析結果 (空隙)

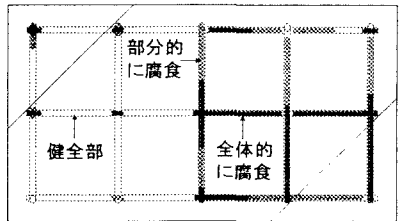


図-5 はつり結果 (クラック)

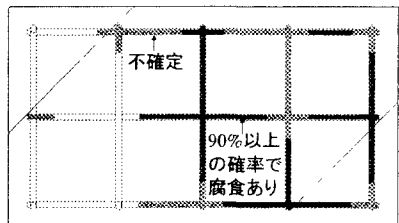


図-6 IBEM(R_{ap})解析結果 (クラック)