

自然電位法を用いたコンクリート中の鉄筋腐食範囲の推定方法の提案

(株) コンステック 正会員 ○城所 健
 (株) コンステック 正会員 佐藤 大輔
 (株) マルイ 正会員 関川 昌之

1. はじめに

筆者らは、自然電位法による鉄筋腐食調査の現場利用を目的とした検討を行っており、過去に自然電位の分布傾向を分析して鉄筋の腐食範囲を推定する方法について提案を行っている¹⁾。本稿では、提案する方法の概要と、実構造物の調査への適用について検討した結果を報告する。

2. 自然電位法を用いた鉄筋腐食調査における課題

自然電位法は、鉄筋腐食に関する有用な情報の取得が可能であることから、鉄筋腐食の調査で用いられている。測定方法は土木学会で基準化されており、測定値から鉄筋腐食を推定する際に利用するものとして表1に示すような判定基準が提案されている。しかし、

表1 ASTM C 876 自然電位測定結果の判定基準

自然電位 E (mV:CSE)	腐食確率
$-350 \geq E$	90%以上の確率で腐食あり
$-200 \geq E > -350$	不確定
$E > -200$	90%以上の確率で腐食なし

これらの判定基準は、測定値によっては鉄筋腐食の判定ができない、また判定結果と鉄筋の腐食状態が整合しない場合があり、これらが現場利用における課題となっている。

3. 提案する方法の概要

3.1 自然電位の分布傾向の分析

実構造物のように腐食傾向が異なる鉄筋が混在する場合、自然電位はマクロセル形成による分極の影響を受ける。アノード（腐食域）は貴側へ、カソード（非腐食域）は卑側へシフトし、鉄筋本来の自然電位を正しく測定することが困難となる。それゆえ、自然電位法による鉄筋腐食の推定では、自然電位の測定値のみではなく自然電位の分布傾向を精査することが推奨されている。

本方法では上述を考慮し、自然電位の貴卑や自然電位の勾配の緩急を指標として自然電位の分布傾向の分析を行っている。等間隔で測定した自然電位を図1に示すように区画し、これらの区画ごとに自然電位と自然電位の勾配を算出する。自然電位は区画の平均値を採用し、自然電位の勾配は地形図における傾斜量の算出方法を応用し、式(1)から(3)より算出した値を採用する。なお、自然電位の分布傾向の分析は、自然電位と自然電位の勾配の関係について把握しやすいように後述の図2に示すような散布図を用いて行う。

3.2 鉄筋の腐食範囲の推定

既往の知見によると、実構造物における調査²⁾では、自然電位が急変する箇所を境界として鉄筋の腐食状態が変化することが指摘されている。また、試験体による実験³⁾では、マクロセル腐食が生じている場合、分極の影響によりカソード部の自然電位の分布にはアノード部の近傍を卑側とするような勾配が生じることが指摘されている。

本方法では上述の知見に着目し、鉄筋の腐食範囲の推定を行っている。自然電位の分布傾向の分析例を図2に示す。事例は、塩害環境に立地した建物において、マクロセル腐食が生じている壁を対象としたものである。

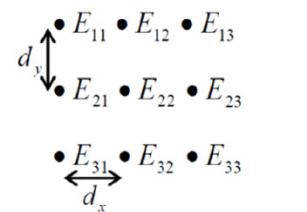


図1 自然電位の区画の概念図

$$s_x = \frac{E_{11} + E_{21} + E_{31} - (E_{13} + E_{23} + E_{33})}{6 \times d_x} \quad (1)$$

$$s_y = \frac{E_{11} + E_{12} + E_{13} - (E_{31} + E_{32} + E_{33})}{6 \times d_y} \quad (2)$$

$$\text{自然電位の勾配} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} \quad (3)$$

ここに、

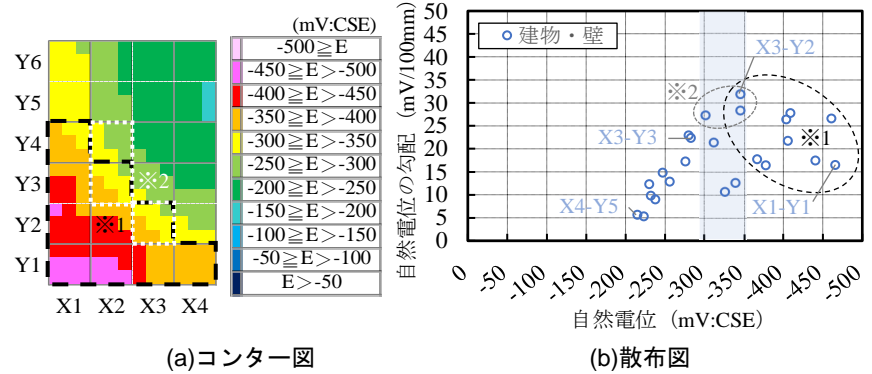
$E_{11} \sim E_{33}$: 隣接する測定点の自然電位

d_x, d_y : 測定点の間隔

キーワード 鉄筋コンクリート, 自然電位, 鉄筋腐食, 腐食範囲推定方法

連絡先 〒143-0006 東京都大田区平和島 6-1-1 (株) コンステック 調査技術部 TEL 03-6450-0634

なお、鉄筋の腐食状態については、自然電位の測定後に鉄筋をはつり出し、観察を行っている。上述の自然電位が急変する箇所は、本方法における自然電位の勾配が急となる箇所（図2※2）に相当することが想定される。本事例では、鉄筋の腐食状態がこの箇所を境界として変化していることがわかる。また、自然電位の分布にはこの箇所を卑側とするような勾配が生じていることがわかる。この箇所の貴側をカソード部、卑側をアノード部であると仮定すると、貴側についてはマクロセル腐食が進行していないと推定することが可能となる。また、卑側については鉄筋腐食の進行が懸念され、鉄筋が腐食しているまたはそのおそれがあるとして推定することが可能となる。



※1 (a)において断面欠損（軽度～重度）を伴う鉄筋腐食が生じている箇所、それ以外の箇所には細かな表面的な鉄筋腐食が点在
 ※2 (a)において自然電位の勾配が急となる箇所

図2 自然電位の分布傾向の分析例

表2 調査対象の概要

対象構造物	対象部材	竣工からの経過	備考 腐食因子など
地下構造物	壁	50年程度	外来塩分, 水掛かり
道路橋	床版	40年程度	中性化, 水掛かり

4. 実構造物の調査への適用

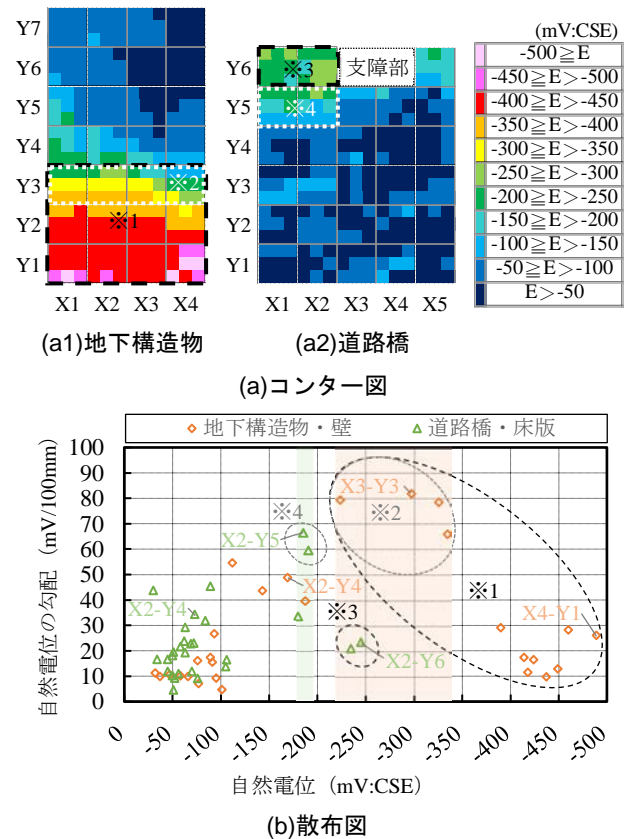
調査対象の概要を表2に示す。調査範囲は目視と打診により検出された鉄筋腐食に関する変状とその周辺を対象としている。調査対象における自然電位の分布傾向の一例を図3に示す。調査対象には、それぞれ自然電位の分布傾向、自然電位や自然電位の勾配に差異がみられる。しかし、上述の知見や3章に示した事例のとおりの傾向がみられることがわかる。したがって、本方法は、実構造物の鉄筋腐食調査における腐食範囲の推定方法として有効であることが推察される。また、ASTMのような判定基準では鉄筋腐食の推定が困難となる場合においても、利用できる可能性があることが考えられる。

5. まとめ

自然電位法による鉄筋腐食調査として、自然電位と自然電位の勾配を指標とし、自然電位の分布傾向を分析して鉄筋の腐食範囲を推定する方法を提案した。実構造物の調査への適用について検討した結果、本方法の有効性を示した。今後、実構造物の調査を重ねることでデータを蓄積し、本方法の妥当性や適用性などについて検討を深める予定である。

参考文献

- 1) 城所健ほか: 自然電位法を用いたコンクリート中の鉄筋腐食範囲の推定に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 43, No. 1, pp1115-1120, 2021
- 2) 葛目和宏ほか: 自然電位測定による鉄筋腐食の調査, 非破壊検査, Vol. 34, No. 10, pp. 756-760, 1985
- 3) 中村英佑ほか: 塩害環境下にあるコンクリート構造物への自然電位法の適用に関する研究, 土木学会論文集E, Vol. 64, No. 1, pp. 263-275, 2008



※1 (a1)において鉄筋腐食に関する変状が検出された箇所
 ※2 (a1)において自然電位の勾配が急となる箇所
 ※3 (a2)において鉄筋腐食に関する変状が検出された箇所
 ※4 (a2)において自然電位の勾配が急となる箇所

図3 調査対象における自然電位の分布傾向の一例