

表面含浸材の塗布が腐食診断結果に与える影響

福岡大学 学生会員 ○中川潤哉 福岡大学 正会員 樋原弘貴
福岡大学大学院 正会員 添田政司 福岡大学 正会員 村上哲 福岡大学 正会員 西智美

1. はじめに

近年、塩害劣化による構造物の老朽化が顕在化しており、内部鉄筋の腐食状態を評価して、劣化が進行する前に適切な補修を施さなければならない。塩害に対する補修工法の一つに表面含浸工法がある。表面含浸工法は安価で施工が容易であるため、現在では多くの場面で使用されている。しかし、表面含浸工法を適用したコンクリート構造物の鉄筋に対する自然電位や分極抵抗を用いた腐食診断技術が確立されていない。そこで本研究は、まず初めに表面含浸材が自然電位や分極抵抗に与える影響について検討した。さらに、この結果を基に、表面含浸材が適用された構造物に対する補正方法についても検討を行った。

2. 実験概要

供試体は、水セメント比 55% のモルタルを作製し、鉄筋・ステンレス棒及び塩ビパイプを配置した 100×100×150mm の角柱供試体である。含浸材は、打設時側面の対になる 2 面に塗布しており、それ以外の 4 面は、エポキシ樹脂により被覆を行い、比較用として無塗布も準備した。表面含浸材塗布面(以下含浸面)から鉄筋までの距離はそれぞれ 30mm と 50mm である。測定は、14 日間ごとに湿潤環境(温度 20℃、湿度 90%)で測定を行った。また、鉄筋を腐食させることを目的として、打設後 70 日目には、塩ビパイプに濃度 3% の NaCl 水溶液を溜めて腐食促進を行った。測定項目は、自然電位と分極抵抗である。自然電位の測定方法は、図-1 に示す様に、直接含浸面から測定するものと、非含浸面である塩ビパイプからガラス電極を挿入して測定し、2 つの測定値を比較することでその違いについて評価を行った。また、分極抵抗は、含浸面にプローブを充て測定した場合と、埋め込んだステンレス棒を対極として測定する場合で行った。分極抵抗は、高周波数 400Hz、低周波数 0.1Hz とした。さらに、打設後 200 日目に腐食状況を正確に把握するため、分極抵抗測定時の低周波領域における周波数を 0.25(4s)~0.01(100s)Hz と変化させて測定した。

3. 実験結果及び考察

図-2 には、無塗布供試体の自然電位の定期測定の結果を示す。試験面位置と塩ビ管位置で測定された自然電位に明確な差は見られなかった。また、測定開始 200 日目付近から電位が下がっており、その傾向に違いが見られなかった。自然電位は -350mV より卑であるため、測定位置に関わらず、同様に腐食している可能性が高いと判定された。

図-3 には、シラン B の自然電位の測定結果を示す。含浸面の自然電位は非含浸面に比べて貴であった。また、自然電位の差は、測定期間によって多少の大小はあるが、概ね 100mV 程度の違いが見られている。これは、一般的に自然電位を測定する際、コンクリート表面に水を散水し湿潤させる必要があるが、シラン系含浸材が持つ撥水性能の影響により、十分に湿潤できなかったことや含浸層の抵抗が高くなったことが要因と考えられる。

図-4 には、無塗布供試体の周波数を 0.25(4s)~0.01(100s)Hz に変化させて分極抵抗を測定した結果を示す。分極抵抗値は、いずれも高周波になるに従って低下する傾向を示し、含浸面と非含浸面から

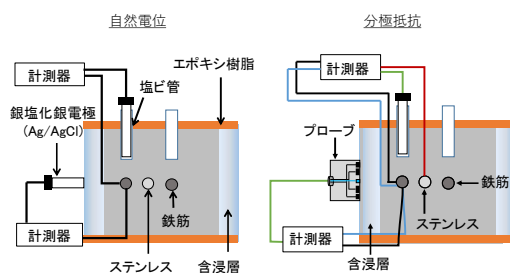


図-1 自然電位及び分極抵抗の測定方法

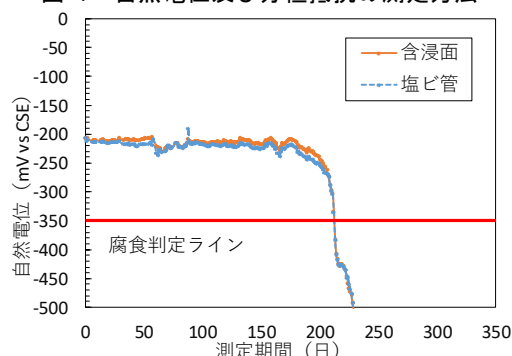


図-2 自然電位(無塗布)

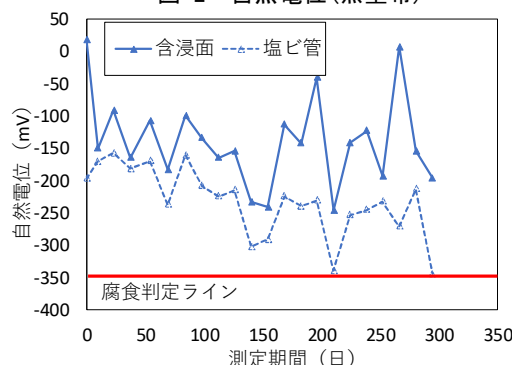


図-3 自然電位(シラン B)

の分極抵抗値には、明確な違いが見られなかった。

図-5 には、シラン A 供試体の各周波数での分極抵抗値を示す。プローブと埋込ステンレスから分極抵抗を測定した結果は、無塗布と同様、高周波になるに従って低下する傾向を示しているが、乖離が見られている。これは、含浸材の影響によるものと考えられ、何らかの補正が必要となる。そこで、含浸材の抵抗値を加味することで、補正可能か否かを検討するため、塗布供試体と無塗布供試体の抵抗値の差から単位深さ辺りの含浸部の抵抗値を算出し、補正係数を求めた。補正式は式(1)、(2)に示す。

$$R_2 \cdot d / (R_1 \cdot a + R_2(d-a)) = K \quad (1)$$

$$A = K \cdot A_1 \quad (2)$$

ここで、 R_1 ：含浸域の単位深さ辺りの抵抗値(Ω/mm)、 R_2 ：非含浸域の単位深さ辺りの抵抗値(Ω/mm)、 d ：かぶり(mm)、 a ：含浸深さ(mm)、 K ：補正係数、 A_1 ：含浸面から測定された分極抵抗($\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$)、 A ：補正後の分極抵抗($\text{k}\Omega \cdot \text{cm}^2$)である。プローブから得られた分極抵抗値に対し補正を行った。その結果、補正後の分極抵抗値は、低周波領域において(0.01~0.02Hz)、埋込ステンレスと同様の値を示す結果となっている。一方で、0.05Hz以上の高周波数域では埋込ステンレスによる分極抵抗値の結果と乖離する結果となった。今回の補正では、電極とコンクリート表面の接触抵抗を測定することは困難であったため、これを考慮していない。0.01Hzと0.02Hzは接触抵抗の影響をあまり受けていない。一方、0.05Hz以上では、接触抵抗の影響を受けていると考えられた。次に、0.01Hzと0.02Hzで測定された分極抵抗は、精度良く同一の補正係数によって補正可能であったことから、測定結果には、含浸層の抵抗や内部含水率の違いによる抵抗分布の影響が同様に反映されると考えられた。そこで、新たな含浸材が塗布されたコンクリートの腐食状態の評価方法の検討として、異なる周波数帯で測定された分極抵抗比を用いて無塗布供試体と含浸材を塗布した供試体の違いについて検討を行った。

図-6 には、含浸面から測定された分極抵抗比(0.05Hz/0.1Hz)及び非含浸面から測定された分極抵抗比をそれぞれ示す。無塗布、シラン A ともに相関性は見られず、大きなばらつきが見られた。

図-7 には、含浸面から測定された分極抵抗比(0.01Hz/0.02Hz)及び非含浸面から測定された分極抵抗比をそれぞれ示す。無塗布、シラン A ともに 2.0 程度の範囲で同様の値を示した。

以上のことから、含浸材が塗布された構造物の腐食状態は、分極抵抗比と腐食の関係性を明らかにすることで、精度良く評価できる可能性がある」と示唆された。

まとめ

- (1)表面含浸材を適用したコンクリート構造物は、電気化学的手法を用いて測定する場合に非腐食側で評価される。
- (2)0.01Hzと0.02Hzの分極抵抗比は、含浸面と非含浸面で同様の値を示した。よって、分極抵抗比と腐食の関係性を明らかにすることで、腐食環境を評価できる可能性がある。

[参考文献] 1) 遠藤裕丈, 田口忠雄: 寒冷環境下におけるシラン系表面含浸材によるコンクリートの保護効果に関する基礎的研究, コンクリート工学会年次論文集, Vol. 28, No. 1, pp. 2081-2086, 2006,

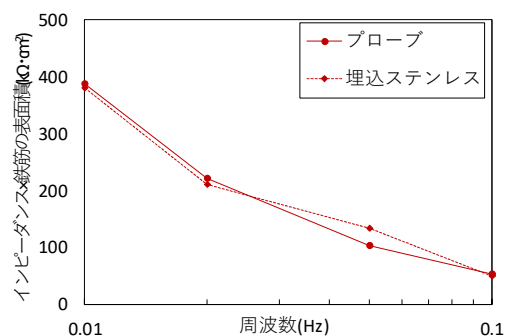


図-4 各周波数の分極抵抗値(無塗布)

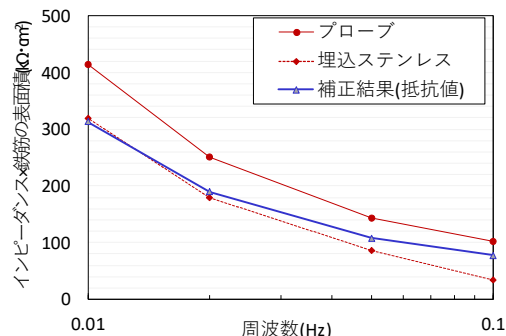


図-5 各周波数帯での補正(シラン A)

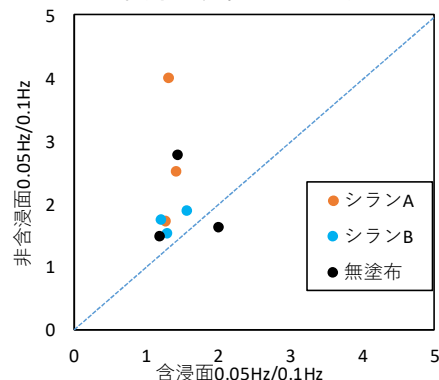


図-6 分極抵抗比 (0.05/0.1Hz)

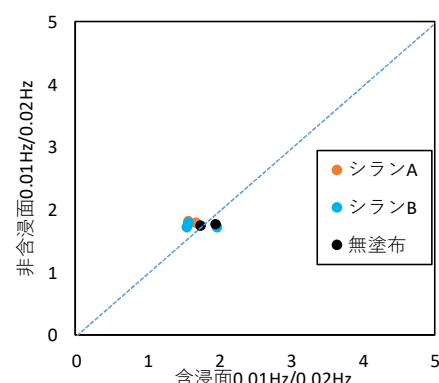


図-7 分極抵抗比 (0.01/0.02Hz)