

表面含浸工法の適用が電気化学的手法による腐食判定結果に与える影響

福岡大学大学院 学生会員 ○大塚柚人 福岡大学大学院 学生会員 児島あかり
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

1. はじめに

既存構造物の長寿命化対策として、表面含浸工法が数多く適用されている。しかし、自然電位法や分極抵抗法を用いて内部鉄筋の腐食状況を調査すると、含浸域のコンクリート抵抗値が高くなるため、測定結果が非腐食側への評価になる恐れがある。そのため、従来の腐食判定法や規準を適用することが難しいと考えられる。そこで本研究は、含浸工法が適用された構造物における電気化学的手法による腐食診断法の構築を目的とし、含浸材の性能や乾湿等の環境が自然電位や分極抵抗の測定結果に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

本実験では、自然電位および分極抵抗による鉄筋腐食状況を測定する目的で作製した供試体と内部の含浸状態を把握する目的で作製した2種類の供試体を用いた。供試体は、いずれも普通ポルトランドセメント、細骨材に海砂を用いた水セメント比55%の150×100×100mmの角柱モルタルである。28日間養生後は、試験面を除く、すべての面をエポキシ樹脂で被覆した。図-1には、1つ目の鉄筋腐食状況の把握を目的として作成した供試体概要を示す。かぶり30, 50mmの位置にφ10×90mmの鉄筋、それらの鉄筋間には、分極抵抗の測定用にステンレス鉄筋φ10×90mmを埋設した。鉄筋の自然電位は、鉄筋中央位置に埋設されたφ11mmの塩ビ管に銀塩化銀電極を挿入して得られた電位と含浸材塗布面に設置した銀塩化銀電極から測定値を得た。一方の分極抵抗は、埋設されたステンレス鉄筋を対極とした測定値と含浸面塗布面にプローブを充てて、それを対極として測定値をそれぞれ得た。

図-2には、2つ目の含水状態の把握を目的として作製した供試体概要を示す。含水状態の違いは、コンクリートの深さごとの抵抗値から評価を行うため、打設時にφ2mmの真鍮丸棒を含浸面から10, 20, 30, 40, 50mmの深さごとに4本ずつ埋設した。測定項目は、4点電極法により深さごとに埋設された真鍮丸棒間の電流と電圧を想定して、深さ毎の比抵抗を得た。いずれの供試体も、2週間ごとに乾燥環境(20℃, 湿度60%)・湿潤環境(温度20℃, 湿度90%)の繰り返しを1サイクルとし、計3サイクルまで実施した。上記した測定項目は、いずれも乾湿の切り替え時にサイクルごとに実施した。表-1には、供試体に塗布した表面含浸材の種類およびその性能を示す。含浸材には、シラン系A, Bの2種類、けい酸塩系および比較用として無塗布供試体も設けた。いずれも塗布量および塗布時の含水率は、製品規定に準拠し、コンクリートの素地調整(含水率の調整)と塗布後養生も含めて、いずれの材料も材齢28日から35日までの間に適用した。

3. 結果および考察

一例として図-3には、かぶり30mm位置における鉄筋の自然電位の経時変化を示す。無塗布面から測定された自然電位は、塩ビ管から測定された真値の自然電位と比較すると、いずれの環境においても大きな差は見られていない。それに対し、シラン系やけい酸塩を塗布したものは、真値と比べて明確な貴な値を示している。自然電位の測定の際は、予めコンク

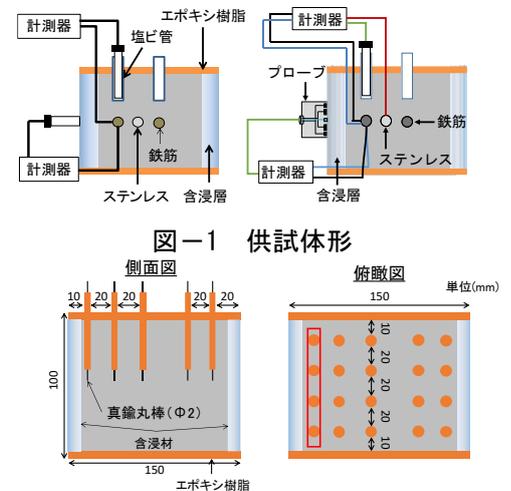


図-1 供試体形

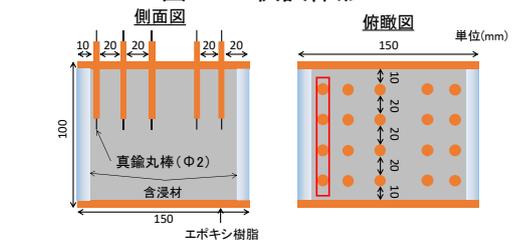


図-2 供試体形

表-1 表面含浸材の性状

性状	含浸材	シラン系	シランB	けい酸塩系
	主成分	アルキルアルコキシシラン	シランおよびシロキサン	けい酸Na
性状	種類	無溶剤		反応型
	外観	無色透明液体	半透明ジェル	無色透明液体
施工	塗布量 (g/m ²)	250	100	250
	塗布時の表面含水率 (%)	8以下	6以下	6~8
	撥水角(°)	143.5	148	-
含浸材の性能	含浸深さ(mm)	4.54	1.84	5.00
	吸水抑制率	56	15	-

キーワード: 表面含浸材, 撥水性, 吸水率, 塩化物イオン

連絡先: 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番地1号 福岡大学 TEL 092-871-6631

リート表面を湿潤に調整して測定することが規定されているが、含浸部を緻密化する働きのあるけい酸塩系の場合には、湿潤調整における水分が内部まで浸透し難く、内部が無塗布よりも乾燥状態にあったと思われる。一方の、撥水性能が付与されるシラン系では、水分浸透の抑制が高いことから電極と含浸面との接触抵抗の増加と内部の乾燥状態の両者が影響したと考えられる。

図-4 は、3 サイクル目に湿潤後に測定された真値の自然電位と含浸面から測定された自然電位の差を示す。この結果、無塗布における両者の電位差は、12mV 程度であったのに対し、けい酸塩系で 40mV シラン系 A, B で 125mV, 55mV 程度であった。シラン系における違いは、シラン A の方がシラン B よりも含浸深さが大きいことから撥水域の増加が影響したと考えられた。次に、図-5 には、かぶり 30mm 鉄筋に対して、湿潤後に含浸面に設置したステンレス版と埋設したステンレス棒から 0.1Hz で測定された分極抵抗値の差を示す。この結果、無塗布の分極抵抗値の差は、ステンレス版とステンレス棒によって鉄筋に対する電流分布が異なるため、僅かではあるが差が生じている。一方で、含浸材を塗布した抵抗値の差は、無塗布よりも大きくなっており、特にシラン系において顕著な差が生じている。これらの傾向は、かぶり 50mm 位置においても自然電位、分極抵抗の両者とも同様であった。図-6 は、かぶり 30mm の鉄筋に対して、各測定位置から周波数を 0.1(10s)~0.01(100s)Hz に変化させて分極抵抗を測定した結果を示す。含浸材を塗布したものは、いずれの周波数においても分極抵抗値の差が無塗布に比べて大きかった。特に、シラン系で分極抵抗の違いが顕著ではあるが、各周波数で得られた分極抵抗値で傾きに注目すると、同様の傾きを示している。そのため、測定値での判断よりも、この傾きを利用した腐食診断法を構築することで、含浸材を適用した構造物でも分極抵抗による腐食診断ができる可能性がある。図-7, 8 には、初期の比抵抗からサイクル時における乾燥後および湿潤後の比抵抗の変化率を示す。この結果、乾燥後の比抵抗は、湿潤後に比べて高くなっていることから、含浸材を塗布しても水分、水蒸気は少なからず内部に浸透していると判断できる。10mm までの範囲の変化率は、湿潤状態において無塗布よりも明確に大きくなっているが、30mm 以降ではシラン B を除いて無塗布と大差ない結果を示しており、内部鉄筋の腐食環境は、無塗布と同程度であると言える。

4. まとめ

- 1) シラン系表面含浸材の場合には、従来の自然電位の -350mV や分極抵抗 $20k\Omega \cdot cm^2$ と言った判定基準を適用することが難しいと言える。
- 2) 表面含浸工法を適用したコンクリート構造物における鉄筋の腐食状況を自然電位や分極抵抗によって評価する場合には、真値よりも非腐食側に評価されることがわかった。
- 3) いずれの周波数においても分極抵抗は、含浸材の影響で非腐食側に評価されることが分かった。

なお本研究は、JSPS 科研費 JP18K04315 に助成を受けたものです。

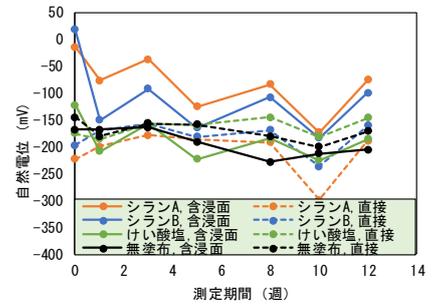


図-3 自然電位の経時変化

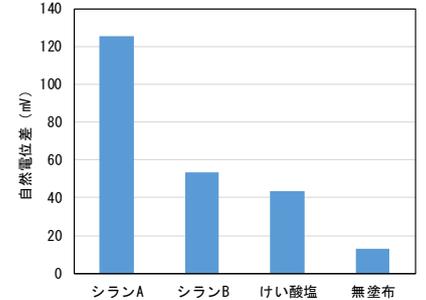


図-4 湿潤後の自然電位差

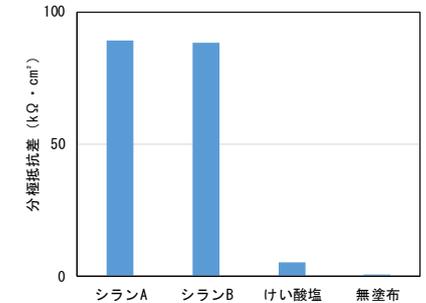


図-5 湿潤後の分極抵抗

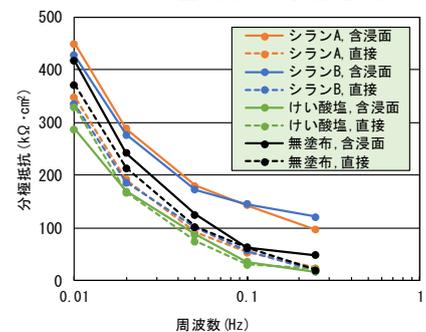


図-6 分極抵抗と周波数の関係

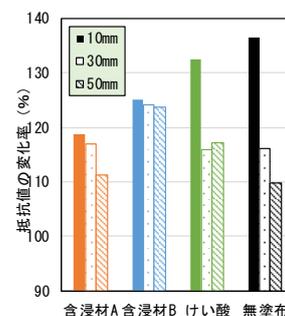


図-7 乾燥後の比抵抗

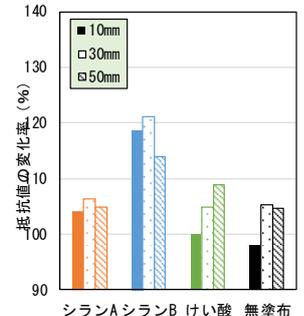


図-8 湿潤後の比抵抗