

第V部門 モルタル中におけるシラン系防せい混和剤の鋼材腐食抑制効果

京都大学工学部 学生会員 ○尾野 準哉
 京都大学大学院工学研究科 正会員 高谷 哲

京都大学大学院工学研究科 正会員 山本 貴士
 清水建設(株) 正会員 齊藤 亮介

1. はじめに

コンクリート中の鉄筋が腐食すると、構造耐荷力の低下やかぶりの剥落につながる危険性があり、適切な腐食抑制対策が求められている。近年、様々な表面保護工法による鋼材の腐食抑制方法が提案されており、特にシラン系含浸剤はコンクリート中の水分と反応することで吸水防止層を形成し、水、酸素、塩化物イオンなどの劣化因子が鉄筋まで到達することを防ぐことが知られている。またシラン系含浸剤には、撥水効果をコンクリートに付与するだけでなく、鋼材に作用することでより大きな腐食抑制効果をもたらす腐食抑制型含浸剤というタイプも存在する。さらに最近では、混和剤として使用する腐食抑制型のシランも開発されている。しかし、このシラン系防せい混和剤についての研究は少なく、腐食抑制効果や作用メカニズムなどが明らかになっていないのが現状である。そこで、本研究ではシラン系防せい混和剤をモルタルに添加し、電気化学インピーダンス法を用いて鋼材腐食抑制効果と作用メカニズムについて検討することとした。

2. 実験概要

直径 13mm、高さ 20mm の磨き丸鋼 (SS400) を内径 38mm の型枠内でエポキシ樹脂包埋し、#1200 の研磨板でエタノールとともに研磨した直後に厚さ 10mm のモルタルを打ち込んだものを試料とした。試料の様子を図 1 に示す。打設後は 1 日で脱型し、材齢 7 日まで 20°C 60%RH で一定の室内で封かんした状態で養生した。養生終了後、止水処理としてモルタルとエポキシ樹脂の界面をシリコン樹脂で被覆した。

実験要因はモルタルに添加する防せい混和剤 (防せい混和剤 D、防せい混和剤 W、無添加) とした。防せい混和剤 D は白色粉末、防せい混和剤 W は白色液体のシラン系防せい混和剤である。モルタルの配合および使用材料を表 1 に示す。防せい混和剤の添加量はメーカーの標準使用量を参考に決定した。

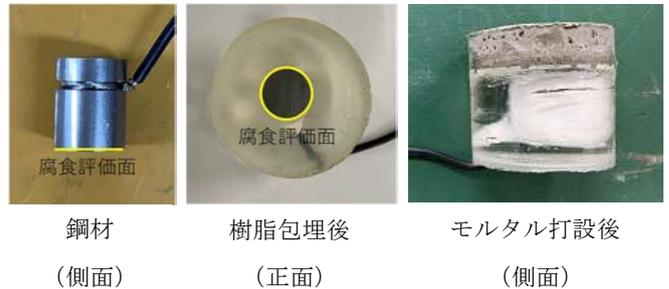


図 1 試料の様子

表 1 モルタルの配合と使用材料

要因名	W	C	S	防せい混和剤D	防せい混和剤W	Cl ⁻
	kg/m ³					
Control	255	510	1530	-	-	3.0
D	255	510	1530	10	-	3.0
W	255	510	1530	-	20	3.0

W: 上水道水
 C: 普通ポルトランドセメント (密度3.14g/cm³)
 S: 硬質砂岩砕砂 (表乾密度2.63g/cm³)

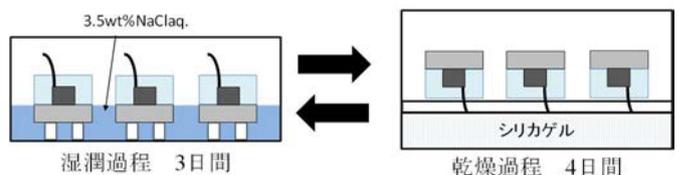


図 2 乾湿繰返しサイクル

試料の止水処理後、塗布したシリコン樹脂が硬化したことを確認して、3.5wt.%の NaCl 水溶液を用いた乾湿繰返しによって腐食促進を行った。乾湿繰返しは 20°C の環境で行い、湿潤過程はモルタル部を NaCl 水溶液に浸漬した状態で密閉容器に 3 日間存置、乾燥過程はシリカゲルにより乾燥状態とした密閉容器内に 4 日間存置とした。なお、乾燥過程における密閉容器内の相対湿度は、試料存置直後には 90%RH 程度と高い値を示したが、1 日経過すると 25%RH 程度まで低下し、その後試料取出し時まで湿度の変動は見られなかったことから、乾燥過程の 4 日間で試料は十分乾燥に至ったと判断した。

養生終了 (0 サイクル) 時, 7 サイクル終了時, 16 サイクル終了時にインピーダンス計測を行った. いずれの計測も溶液環境で行い, 養生終了時の計測では練混ぜ水と同様の塩分濃度となるよう飽和水酸化カルシウム水溶液に 2.0wt.%相当の NaCl 試薬を加えた溶液を, その他の計測では乾湿繰返しに使用した溶液と同じ 3.5wt.%の NaCl 水溶液を使用した.

3. 実験結果および考察

乾湿繰返し 0, 7, 16 サイクルにおけるモルタル中の鋼材のインピーダンスの計測結果を図 3 に示す. 図を見ると, 防せい混和剤を添加していない Control では, 16 サイクル経過後には低周波数領域でインピーダンスが大きく減少しているのが分かる. このことから, 16 サイクル経過時点で鋼材表面の腐食が進行していると考えられる. 一方, 防せい混和剤 D および W を添加した試料では, 7 サイクル経過後にはインピーダンスが大きく増加し, 16 サイクル経過後も高いインピーダンスを維持していることが分かる. このことから, モルタル中の鋼材腐食は進行していないと考えられる. 7 サイクル以降のインピーダンスのばらつきが大きいのは, シラン系防せい混和剤がセメントペーストと反応して撥水層を形成したことで, モルタル内部が乾燥し, 電流が不安定になったためと考えられる.

なお, モルタルを剥離して鋼材の表面を観察した結果, Control 試料では鋼材の表面全体にさび層が形成していたが, 防せい混和剤 D および W を添加した試料では鋼材と樹脂の境界付近にわずかにさびが確認されたのみであった. モルタルに初期塩分を与えたにもかかわらず腐食が進行しなかったことから, 防せい混和剤 D および W には塩化物イオンの鋼材への作用を抑制する効果があると考えられる.

4. 結論

シラン系防せい混和剤は塩化物イオンの存在する乾湿繰返し環境において鋼材腐食抑制効果を持つことが確認された. シラン系防せい混和剤はセメントペーストと反応して撥水層を形成するとともに, 塩化物イオンが鋼材に作用することを抑制すると考えられる.

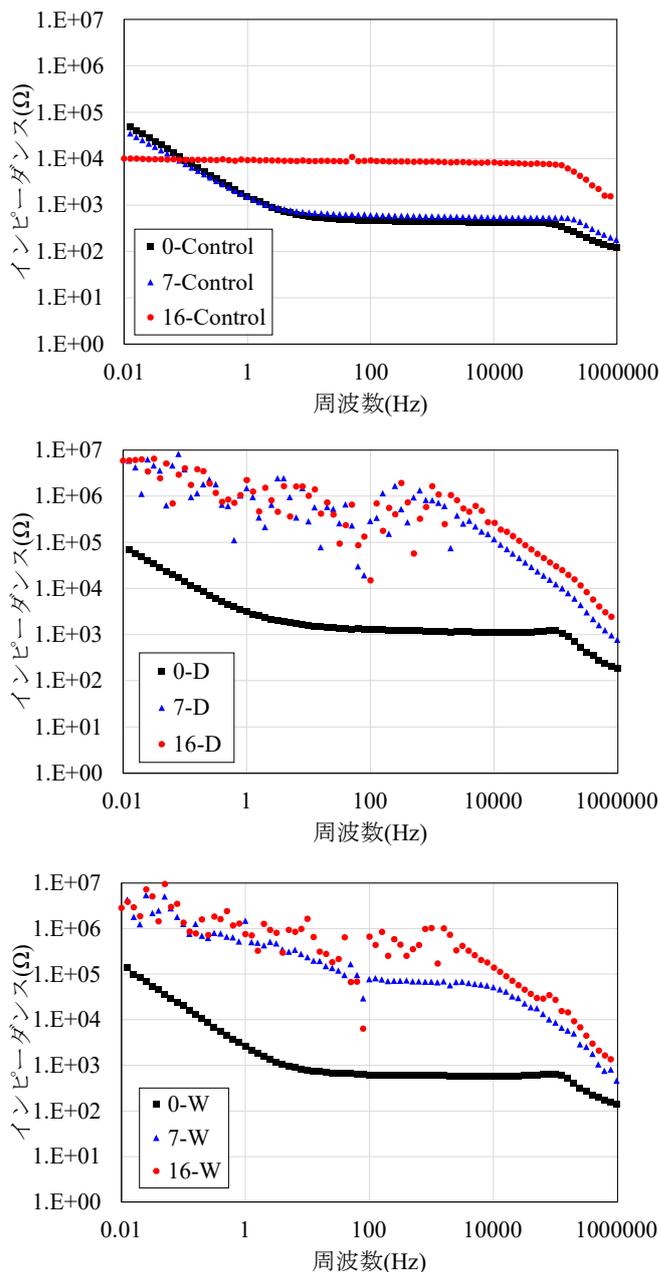


図 3 インピーダンス計測結果

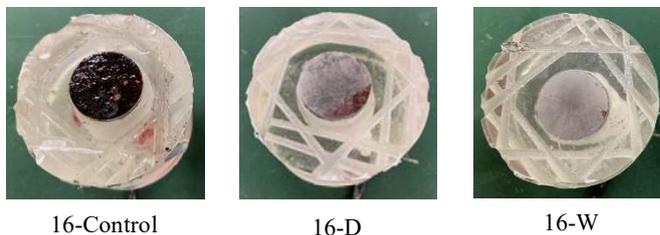


図 4 モルタル剥離後の鋼材の様子

参考文献

- 1) 土木学会：表面保護工法 設計施工指針 (案), 2005.4