

厚付型高炉スラグ混合セメント系防食材のかぶりコンクリートを必要としない
鉄筋腐食抑制工への適用検討

エス・エルテック（株） 正会員 ○天野 佳絵 ダイキ工業（株） 非会員 箱島 きらら

福岡北九州高速道路公社 正会員 青野 守 九州工業大学大学院 正会員 合田 寛基

西日本高速道路メンテナンス九州（株） 非会員 大津留 玲 九州工業大学大学院 非会員 清水 陽一

1. はじめに

コンクリート製の橋梁では、鉄筋の腐食によるかぶりコンクリートの浮きや剥落が問題になっている。特に桁端部での損傷は発生件数が顕著であり、これらの多くは、雪氷作業時に散布される凍結防止剤や漏水が原因と考えられる。そこで、亜硝酸塩を含有し、高い防食性を示す、高炉スラグ混合セメント系防食塗料（以下、セメント系塗料）^{1,2)} をパテ状に塗り付ける程度の厚付型に改良し、かぶりコンクリートを必要としない鉄筋腐食抑制工として適用することを検討した。本稿では、塩分を含有させたモルタルでの腐食促進試験と亜硝酸塩の浸透性について報告する。

2. 試験方法

2.1 塩分含有モルタルでの腐食促進試験 本法では、亜硝酸塩の浸透効果を確認するため、鉄筋のかぶり部分までを除去し、表1に示す塗装系を露筋表面に塗布する。施工状況を再現するため、図1に示す供試体を作製した。基材モルタルには、普通ポルトランドセメント（JIS R5201）：珪砂：水＝1：2：0.5を配合し、コンクリート中のCl⁻量が5kg/m³となるように、モルタル1kgに対して6.4gの塩化ナトリウムを添加した。また、腐食鉄筋を再現するため、φ13mmの異形鉄筋（JIS G3112）を腐食サイクル試験方法（JIS K5600 7-9）サイクルA法に21サイクル暴露した。ワイヤブラシおよび不織布研磨材でケレンし、鉄筋の半周が露出するよう供試体に埋設した。翌日脱型し、20℃、相対湿度40%の恒温槽で5日間の養生後に塗装し、その後同条件で5日間養生した。70℃、相対湿度90%以上の湿潤状態に48時間、15℃相対湿度60%の乾燥状態に48時間を1サイクルとする乾湿繰り返し試験に15サイクル供した。試験終了後、外観の変化と切断面の様子を確認した。

2.2 亜硝酸塩の浸透性確認試験 2.1試験後の供試体の長手方向の中央を断面が出るよう乾式コンクリートカッターで切断した。トルエン-2,4ジイソシアナートを50wt%にトルエン溶液で希釈し、断面に吹き付け、亜硝酸イオンの浸透深さを測定した。また、面積に対するRGB値の割合で呈色程度を比較した。

表-1 塗装系詳細

塗装工程	塗料名	塗布量 (g/m ²)	→ 浸透剤の水準
下地処理工	3種ケレン程度（浮き錆・こぶ錆の除去）	—	
下塗塗布工	亜硝酸塩系浸透剤	200	
中塗塗布工①	高炉スラグ混合セメント系防食塗料	500	
中塗塗布工②	厚付型 高炉スラグ混合セメント系防食材	6,000	
上塗塗布工	無溶剤形エポキシ樹脂塗料	280	

(a) 亜硝酸Li+アクリル樹脂系

(b) 亜硝酸Ca系

(c) 亜硝酸Li系

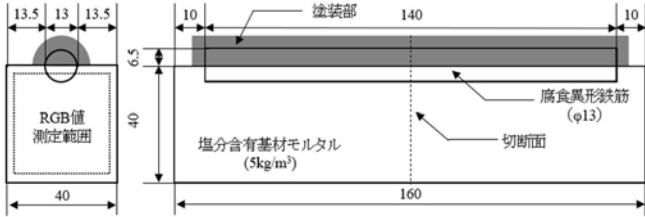


図-1 供試体図

キーワード 断面修復材，亜硝酸イオン，高炉スラグ混合セメント，鉄筋腐食抑制，不働態化

連絡先 〒802-0032 福岡県北九州市小倉北区赤坂5丁目6番64号 エス・エルテック（株） TEL 093-541-6101

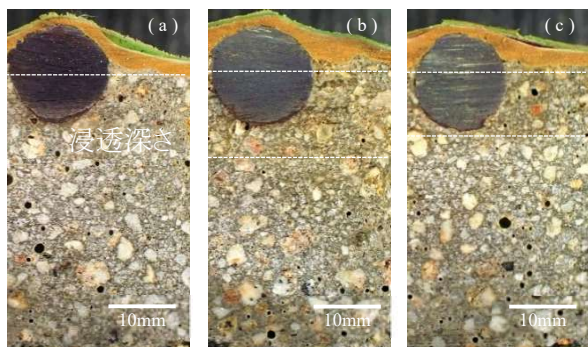


(a) 厚付型高炉スラグ混合セメント系防食材塗装系



(b) エポキシ樹脂塗料

図-2 腐食促進試験 15 サイクル経過後



(a) 亜硝酸 Li+アクリル樹脂系

(b) 亜硝酸 Ca 系

(c) 亜硝酸 Li 系

図-3 呈色液噴霧後の切断面

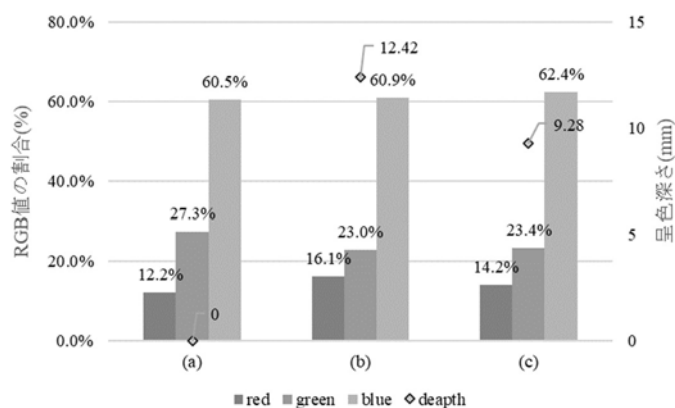


図-4 RGB 値と浸透深さ

3. 試験結果

腐食促進試験後の状況を図-2 に示す。厚付型セメント系塗料塗装系は、鉄筋のリブおよび節が隠れるように塗装しており、厚付にも関わらず、割れや剥離を生じていない。また、橋梁点検時に露出した鉄筋に対して応急措置として使用されている、スプレータイプの塗装を想定した厚膜エポキシ樹脂塗料と比較して、錆汁が発生していないことから、防食効果が高いことがわかった。

亜硝酸塩の浸透性を確認するため、腐食促進試験後に呈色液を噴霧した切断面の状況を図-3 に、切断面を RGB 値化した面積割合と浸透深さの結果を図-4 に示す。浸透剤は 3 水準を検討した。補修対象のコンクリートとの付着性能を期待し、アクリル樹脂を添加した系では、亜硝酸イオンの浸透が見られなかった。一方、亜硝酸 Ca および Li 系では、鉄筋の裏側まで呈色されており、亜硝酸イオンの浸透が塗布から 2 か月程度で確認できた。これは、亜硝酸 Li イオンと亜硝酸 Ca イオンの拡散性は同一であるとの報告³⁾と同様であり、露出した鉄筋に直接塗布することで、裏側の腐食鉄筋へも不動態被膜再生効果が付与された。

4. まとめ

エポキシ樹脂塗料と比して、厚付型セメント系防食材塗装系は、高い防食効果を持ち、かつ、亜硝酸塩の浸透拡散効果により鉄筋裏側まで腐食を抑制することが確認された。令和 4 年度、九州の高速自動車国道のコンクリート橋梁 50 箇所の露筋部に対して試験施工を実施し経過観察を続けており、長期に及ぶ防食効果に期待している。本工法は、かぶりを必要としないことから従来工法の断面修復工法での再劣化による剥落等の課題解決につながると考えている。

参考文献 1) 森山実加子, 天野佳絵, 池田幹友, 高瀬聡子, 清水陽一: 高炉スラグ混合セメント系防食塗料組成物の挙動と防食メカニズム, 材料と環境, Vol.67, No.2, pp.78-82, 2018. 2) 天野佳絵, 森山実加子, 池田幹友, 日比野誠, 貝沼重信: 高炉スラグ混合セメント系防食塗料の防食特性に関する電気化学的検討, 材料と環境, Vol.67, No.8, pp.331-335, 2018. 3) 浅野壮洋ほか: 透過拡散セルによるリチウム化合物の相互拡散性の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, pp.646-651, 2012.