

塩害を受ける鉄筋コンクリート構造物の防錆剤混入ゲル塗布材による長期的な鉄筋腐食抑制効果

ショーボンド建設（株）
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株）
金沢工業大学

正会員 ○宮口 克一
正会員 高井 健志
正会員 宮里 心一

1. 目的

塩害を受けるコンクリート構造物の鉄筋腐食抑制対策として、筆者らはコンクリート中の鉄筋の防錆剤として広く用いられている亜硝酸イオンに着目し、亜硝酸イオンを多量に混和した防錆剤混入ゲルを開発し、比較的簡単な施工で鉄筋腐食抑制対策が実施できる工法として提案している¹⁾。これまでの検討では防錆剤混入ゲルをコンクリート構造物の表面に0.5～1.0kg/m²塗布することで、かぶり深さ2～3cm程度の鉄筋近傍に亜硝酸イオンを早期かつ多量に供給でき、コンクリート中の鉄筋が早期に防食状態となることを確認している¹⁾。

一方、これまでの検討は6か月程度の短期間での検討であり、長期的な防食状態の維持や、実際の鉄筋の腐食状態を検討したものではなかった。そこで、本研究では、塩害劣化を模擬した鉄筋コンクリート供試体に防錆剤混入ゲルを塗布した場合の鉄筋腐食抑制効果の長期的な持続性の検討を目的とした。

2. 試験概要

本研究で用いた防錆剤混入ゲルを写真1に示す。防錆剤混入ゲルは、亜硝酸リチウム水溶液に増粘剤を用いて適度に増粘させたものである。なお、ゲル中の亜硝酸イオン量は360kg/m³である。試験に用いたコンクリートの配合を表1に示す。コンクリート構造物の塩害劣化を模擬するため、コンクリート中の塩化物イオン量が3kg/m³となるように塩化ナトリウムを4.94kg/m³混和した。材齢28日での圧縮強度は19.9N/mm²であった。亜硝酸イオン浸透量の測定に用いる供試体の寸法は100×100×100mmのコンクリート供試体とした。供試体は翌日に脱型後、材齢28日まで20℃の水中で養生を行った。養生完了後、ゲル塗布面以外の5面を被覆した。ゲルの塗布後、1, 3, 6および12か月後において供試体表面から5mm深さごとに深さ50mmまでドリルサンプリングにてサンプルを採取し、コンクリート中の亜硝酸イオン量をイオンクロマトグラフで測定した。

塩害を模擬した鉄筋コンクリート供試体の寸法は100×100×100mmとし、鉄筋かぶりを20mmとした。供試体の概要を図1に示す。供試体はN=2とし、埋設する鉄筋は長さ70mm、φ12mmの磨き棒鋼としてリード線を接続した。材齢28日まで20℃水中養生後、40℃恒温箱内にて5日乾燥2日水中の乾湿繰り返しサイクルを行い、鉄筋の自然電位が腐食領域になるまで鉄筋の促進腐食を行った。その後、コンクリート水分値を4.0％程度に調整し、防錆剤混入ゲルを0.5kg/m²と1.0kg/m²塗布した。塗布後23℃、60％R.H.恒温恒湿室内に静置し、塗布から毎週鉄筋の自然電位を測定した。測定点は不織布を当て1時間以上湿潤状態とした後に飽和銀塩

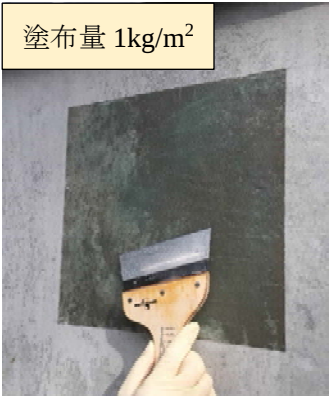


写真1 防錆剤混入ゲル塗布状況

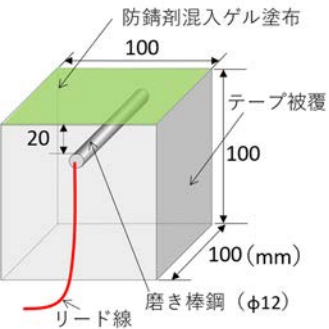


図1 RC供試体概要

表1 コンクリート配合

目標強度	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					
				W	C	S	G	Ad	NaCl (外割)
18N/mm ²	73.3	45.2	4.5	170	232	830	1060	2.1	4.94

キーワード 塩害, 鉄筋腐食, 亜硝酸イオン, 防錆剤混入ゲル

連絡先 〒305-0003 茨城県つくば市桜1-17 ショーボンド建設(株) 補修工学研究所 TEL029-857-8101

化銀照合電極を押し当て、リード線と照合電極をマルチメータにつなぎ、自然電位を測定した。また、測定開始から 19 か月後に各供試体のうち 1 体について鉄筋の分極抵抗を測定した。分極抵抗は照合電極に飽和銀塩化銀電極を用い、交流インピーダンス法によって行った。対極にカーボンシートを用い、供試体中の鉄筋の全表面を測定の対象とした。なお、測定周波数は 20mHz および 1280Hz の 2 種類とし、電圧 5mV を印加した。

3. 試験結果

亜硝酸イオンの浸透状況を図 2 に示す。防錆剤混入ゲルを 1.0kg/m^2 塗布したものは塗布から 1 か月後には深さ 20mm 付近で鉄筋防錆が可能となる亜硝酸イオン量 $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]=1.0$ 、亜硝酸イオン量 3.9kg/m^3 に達した。一方、 0.5kg/m^2 塗布したものは塗布から 6 か月後に $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]=1.0$ 付近に到達した。12 か月後ではさらに深部に亜硝酸イオンが浸透することが確認された。

次に鉄筋の自然電位の経時変化の測定結果を図 3 に示す。自然電位は飽和硫酸銅電極 (CSE) 換算している。塗布なしの供試体は試験開始から 12 か月あたりまでは電位は腐食領域にあったが、19 か月時点では不確定領域にある。これは供試体が乾燥を受け、コンクリートの電気抵抗や鉄筋の腐食反応抵抗が増加し腐食環境が緩和され、若干電位が貴化したためと考えられる。一方、防錆剤混入ゲルを 1.0kg/m^2 塗布したものは、塗布から 1 か月後には腐食なしの領域に達し、19 か月後もその状態を維持している。また、 0.5kg/m^2 塗布したのも 1.0kg/m^2 塗布のものよりは遅れるが塗布から 6 か月後には腐食なしの領域に到達し、こちらも概ね 19 か月後までその状態を維持している。各供試体で、鉄筋の電位が腐食なしの領域に到達した時期は、鉄筋位置の亜硝酸イオン浸透量が $[\text{NO}_2^-]/[\text{Cl}^-]=1.0$ 付近に到達する時期とほぼ一致した。

試験開始から 19 か月後に供試体内部の鉄筋の分極抵抗を測定した結果を図 4 に示す。図中には CEB (ヨーロッパコンクリート委員会) による腐食速度の判定基準から算出した鉄筋の腐食状態の判定値²⁾を示した。防錆剤混入ゲルを塗布しないものは分極抵抗が小さく、「激しい腐食」と判定される状態であった。一方、防錆剤混入ゲルを 0.5kg/m^2 または 1.0kg/m^2 塗布したものは、分極抵抗は高い値を示し、「不動態状態」と判定される状態であった。

以上より、塩害劣化を模擬した鉄筋コンクリート供試体に防錆剤混入ゲルを塗布することにより、腐食状態の鉄筋も早期に防食状態となり、塗布から 19 か月後も鉄筋は不動態状態を維持していることがわかった。

参考文献

- 1) 宮口克一, 高井健志, 宮里心一: 塩害を受ける鉄筋コンクリート構造物の防錆剤混入ゲル塗布材による鉄筋腐食抑制効果, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.77, V-548, 2022.9
- 2) 公益社団法人日本コンクリート工学会: コンクリート診断技術' 22, pp.193-200, 2022.3

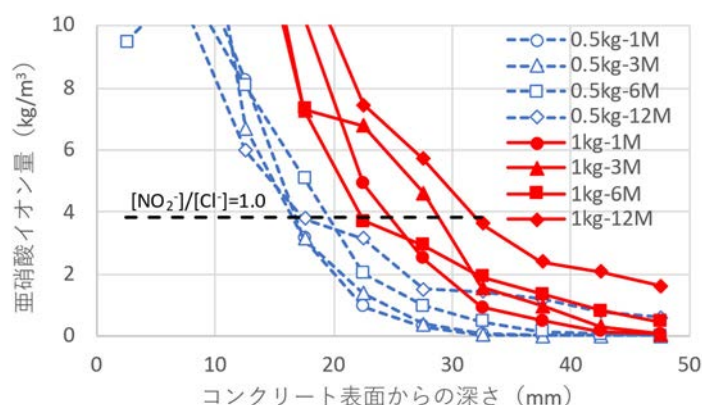


図 2 亜硝酸イオンの浸透状況の経時変化

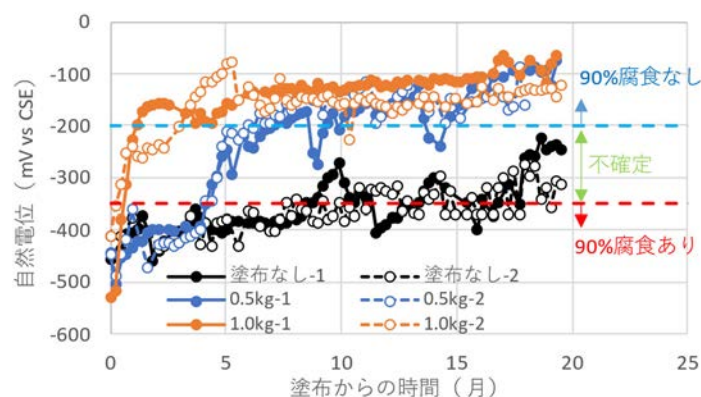


図 3 鉄筋の自然電位の経時変化

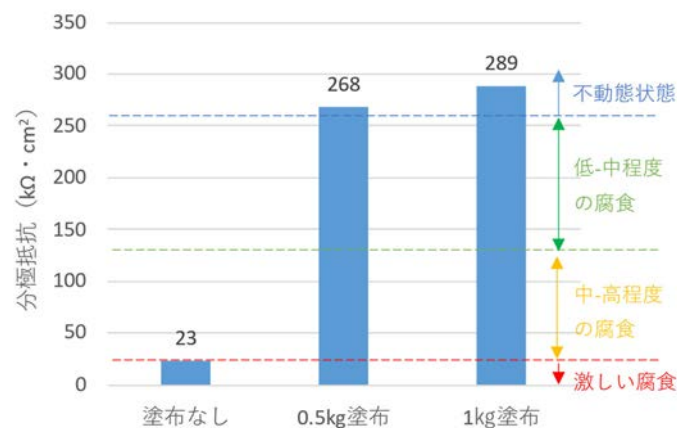


図 4 試験開始から 19 か月後の鉄筋の分極抵抗