

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

ショーボンド建設(株) 正会員 ○宮口 克一
 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 正会員 高井 健志
 金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

亜硝酸イオンは、コンクリート中の鉄筋腐食を抑制する効果があるため、コンクリート構造物の防錆剤として広く用いられている。ここで、塩害劣化が生じているコンクリート構造物の鉄筋腐食では、亜硝酸イオンによる鉄筋防食の条件として、亜硝酸イオン量と塩化物イオン量のモル比 ($[\text{NO}_2^-] / [\text{Cl}^-]$) を一般に 0.6 ~ 1.0 以上確保することが必要とされている¹⁾。したがって、鉄筋周囲に存在する亜硝酸イオン量が多いほど、塩害環境では鉄筋防食効果は高い。そこで筆者らは、効率的かつ効果的に亜硝酸イオンを多量にコンクリート中に浸透させる方法として、亜硝酸イオンを多量に混和した防錆剤混入ゲルをコンクリート表面に塗布する工法を検討している²⁾。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を作製し、その表面に防錆剤混入ゲルを塗布した場合の鉄筋腐食抑制効果について検討した。以下にその結果を報告する。

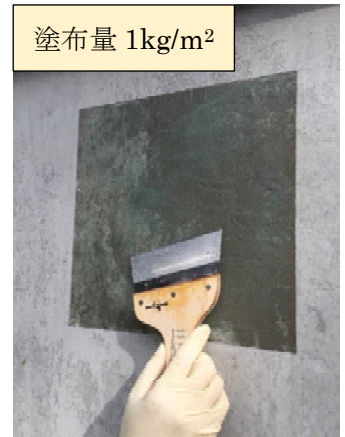


写真1 防錆剤混入ゲル塗布状況

2. 試験概要

本検討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り、コンクリート表面(壁面、天井面)に 1kg/m^2 の塗布量で塗布してもダレ等が生じない粘性を持つ。なお、ゲル中の亜硝酸イオン量は 360kg/m^3 である。

試験に用いたコンクリートの配合を表1に示す。塗布対象とするコンクリートは目標強度を 18N/mm^2 とした。セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材の最大寸法は 20mm 、スランプは 12cm 、空気量は 4.5% を目標とした。AE減水剤はポリカルボン酸塩系のものを用いた。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/m^3 となるように塩化ナトリウムを 4.94kg/m^3 混和した。なお、材齢 28 日での圧縮強度は 19.9N/mm^2 であった。

塩害を模擬した鉄筋コンクリート供試体の寸法は $100 \times 100 \times 100\text{mm}$ 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 、 $\phi 12\text{mm}$ の磨き棒鋼としてリード線を接続した。材齢 28 日まで 20°C 水中養生後、 40°C 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、表面水率 4.0% 程度に調整し防錆剤混入ゲルを 0.5kg/m^2 と 1.0kg/m^2 塗布した。塗布後 23°C 、 $60\% \text{R.H.}$ 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銀塩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。

亜硝酸イオン浸透試験に用いる供試体の寸法は $100 \times 100 \times 100\text{mm}$ 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°C の水中で養生を行った。養生完了後、目標の 4.0% の表面水分率となるまで

表1 コンクリート配合

目標強度	W/C (%)	s/a (%)	空気量 (%)	単体量 (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

20°C室内で自然乾燥を行った。なお、表面水分率は表面水分計(ケット科学研究所 HI-520-2)で5点測定した平均で判断した。その後、ゲル塗布面以外の5面を被覆した。ゲル塗布面は型枠側面とした。ゲルの塗布後、1か月、3か月および6か月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。

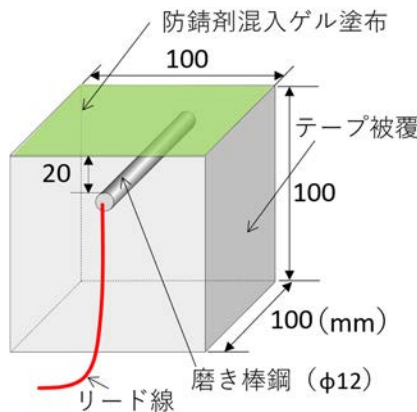


図1 RC供試体概要



写真2 自然電位測定状況

3. 試験結果

鉄筋の自然電位の経時変化の測定結果を図2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塗布から一貫して腐食領域にある。一方、防錆剤混入ゲルを $1\text{kg}/\text{m}^2$ 塗布したものは、塗布直後から電位は大きく貴化し、塗布から5週目には腐食なしの領域に達し、その後もその状態を維持している。 $0.5\text{kg}/\text{m}^2$ 塗布したものは $1\text{kg}/\text{m}^2$ 塗布のものよりは緩慢であるが電位は貴化傾向であり、塗布から25-30週で腐食なしの領域に到達した。

次に亜硝酸イオンの浸透状況を図3に示す。防錆剤混入ゲルを $1.0\text{kg}/\text{m}^2$ 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 $3.9\text{kg}/\text{m}^3$ に達した。一方、 $0.5\text{kg}/\text{m}^2$ 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。これらの結果は自然電位が「腐食なし」となる時期とほぼ一致していた。

以上のことから、防錆剤混入ゲルの塗布から短期間で多量の亜硝酸イオンがコンクリート中に浸透し、塩害劣化により腐食ありの状態となった鉄筋も早期に腐食なしの状態に改善できることがわかった。

参考文献

- 1) 掛川勝, 須藤裕司: 亜硝酸塩系防錆剤を用いたコンクリート中の鉄筋腐食抑制技術の変遷, コンクリート工学, Vol.59, No.5, pp.456-461, 2021
- 2) 青山實伸, 有馬直秀, 宮口克一, 宮里心一: 防錆剤混入ゲル塗布材からコンクリート中への防錆成分の浸透性, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.1911-1916, 2018

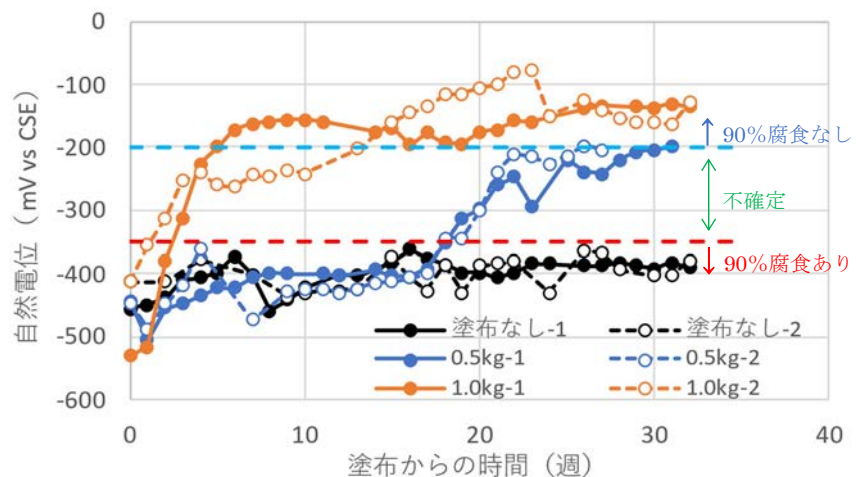


図2 鉄筋の自然電位の経時変化

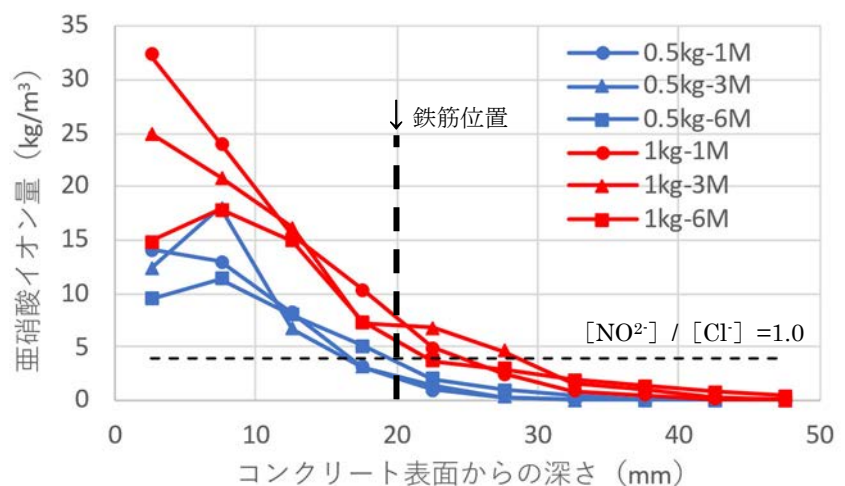


図3 亜硝酸イオンの浸透状況