

腐食鉄筋に対する亜硝酸 Li の防錆性能効果に関する基礎的研究

福岡大学 学生会員○大塚柚人 福岡大学 学生会員 山田浩嗣
 福岡大学 正会員 樋原弘貴 福岡大学 正会員 添田政司

1. はじめに

塩害劣化を受ける構造物に亜硝酸 Li を圧入することで鉄筋防錆を図る取り組みがなされている。実際の構造物では、塩化物イオン量や鉄筋の腐食状況が場所ごとに違いが見られている。当然、亜硝酸 Li の防錆効果は、異なると予想されるが、腐食鉄筋に対する防錆に関する知見は少ない。そこで本研究では、塩化物量と亜硝酸 Li 濃度が異なる模擬細孔溶液と腐食鉄筋を用いて自然電位の挙動の把握、および腐食鉄筋を埋設した亜硝酸 Li 混和モルタルを作成して、分極抵抗の測定により腐食鉄筋に対する防錆効果の評価を行った。

2. 実験概要

2.1 模擬細孔溶液を用いた亜硝酸 Li の防錆性能 (シリーズ 1)

シリーズ 1 では、コンクリートの細孔溶液を模擬した水溶液に鉄筋を浸漬しながら、NaCl, 亜硝酸 Li を添加して、自然電位の経時変化により腐食鉄筋に対する防錆性能を評価した。模擬細孔溶液には、蒸留水に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を溶解させて、pH12.4 に調整したものを用いた。鉄筋には、 $\phi 9\text{mm} \times 80\text{mm}$ の磨き丸鋼鉄筋を腐食グレード II に腐食させたものを用いた。また、端部 20mm には電位測定用コードを取り付けた。試験方法は、模擬溶液 400ml を入れたビーカーに鉄筋を完全に浸漬させて、さらに電位測定用として飽和塩化銀ガラス電極を入れ、自然電位の常時測定を行った。まず、腐食鉄筋が安定電位になるまで溶液内に静置させた後に、NaCl を 1,2,4,6,8g それぞれ溶解させて電位を卑化させた。試験数は、NaCl6g で 4 水準、それ以外は 1 水準で行っている。電位が卑化した後は、0.4mol/L の亜硝酸 Li 水溶液を $\text{Cl}^-/\text{NO}_2^-$ (モル比) が (1.0) になるように添加し、電位に経時的な変化が見られなくなった時点で、さらに亜硝酸 Li 水溶液を (0.2), (0.05) となるように順次添加した。また、併せて亜硝酸 Li を添加した際には、溶液中の Fe^{2+} 量の測定を行った。

2.2 腐食鉄筋を埋設したモルタル供試体の防錆性能 (シリーズ 2)

シリーズ 2 では、腐食鉄筋を埋設したモルタル供試体を作成し、分極抵抗によって防錆性能を検討した。試験に用いたモルタルは、セメントに早強ポルトランドセメント (密度 $3.04\text{g}/\text{cm}^3$)、細骨材には長崎県壱岐産海砂および福岡県玄界灘産海砂 (ともに表乾密度 $2.58\text{g}/\text{cm}^3$)、を用いて表-1 に示す水セメント 55% の配合で作製した。モルタル供試体は、 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ の円柱供試体で、打設時に、あらかじめ NaCl を 6g (Cl^- : $13.5\text{kg}/\text{m}^3$) 及び亜硝酸 Li を混和させた。 $\text{Cl}^-/\text{NO}_2^-$ (モル比) が 1.0, 0.2, 0.05 となるように各種 3 体計 9 体を作製した。埋設した鉄筋は、 $\phi 9\text{mm} \times 80\text{mm}$ の磨き丸鋼を使用し、予め 3% の NaCl 水を含ませた吸水シートを巻き付けて、その後、乾燥させることで腐食グレード II 相当に腐食させたものを埋設した。分極抵抗の測定は、供試体を蒸留水に浸漬させながら、インピーダンス法により行った。陽極には、アルミ板を用いている。

表-1 配合表

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)			空気量 (%)
		W	C	S	
55	3.0	271	493	1478	4.5 ± 1.0

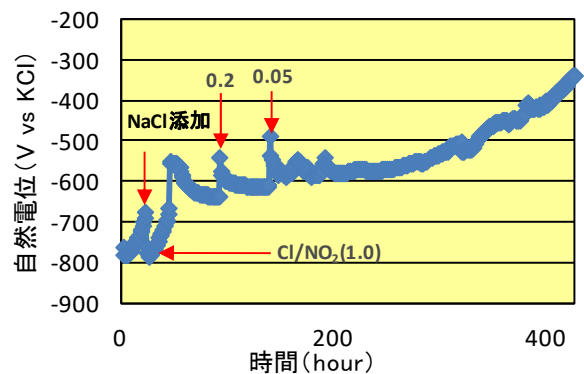


図-1 自然電位の経時変化 (NaCl6g 添加)

キーワード: 腐食鉄筋, 亜硝酸 Li, ひび割れ補修

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

3. 結果および考察

3.1 模擬細孔溶液を用いた亜硝酸Liの防錆性能(シリーズ1)

図-1には、一例としてNaCl添加量6gにおける亜硝酸Liの添加に伴う自然電位の経時変化を示す。この結果、自然電位は、NaCl添加直後から卑化し、亜硝酸Liを添加するに従って電位の貴化した。また、モル比0.05になると、電位の継続的な貴化が確認された。これは、溶液中の Fe^{2+} と亜硝酸イオンとの反応により鉄筋に不働態被膜が形成されたものと考えられる。図-2は、一例としてNaCl添加量6gにおいて、溶液中の Fe^{2+} 量の経時変化を示す。まず、 Fe^{2+} 量は、NaClを添加後に増加し、 Cl/NO_2 が1.0, 0.2になるに従って、 Fe^{2+} は、減少する傾向を示した。さらに、 $\text{Cl}/\text{NO}_2:0.05$ になると、 Fe^{2+} は急激に減少している。この結果から、亜硝酸イオンによる Fe^{2+} との反応性を確認することができた。図-3には、一例として $\text{Cl}/\text{NO}_2 0.05$ での自然電位がNaCl添加後から貴化した電位量と Fe^{2+} の減少量の関係を示す。自然電位は、全体的に Fe^{2+} の減少に従って貴化する傾向を示した。ただし、NaCl量との関係性は、確認されなかった。これは、予め腐食させた鉄筋の腐食量に差があったものと考えられる。以上のことから、腐食鉄筋に対する防錆性能は、 Cl/NO_2 に依存すると考えられ、ある程度鉄筋が腐食している方が、亜硝酸Liの防錆効果が発揮されることが分かった。

3.2 腐食鉄筋を埋設したモルタル供試体の防錆性能(シリーズ2)

図-4は、材齢28日におけるモル比が異なる分極抵抗の結果を示す。 Cl/NO_2 の減少に伴って分極抵抗は、高い値を示した。腐食鉄筋に対しても、亜硝酸Liの存在によって腐食速度が低下できることを確認した。図-5では、自然電位の経時変化を示す。モル比が小さいもの程、自然電位は、保持されているのが分かる。継続的に測定を行っており、現在のところ、腐食鉄筋に対しては、 Cl/NO_2 が0.05程度あれば、確実に防錆が図れるものと予想される。

4. まとめ

- 1) 亜硝酸Liによって、腐食鉄筋の自然電位は、貴化することが分かった。
- 2) 亜硝酸Liに伴う自然電位の貴化は、 Fe^{2+} 量に依存することが分かった。
- 3) 腐食鉄筋に対して、亜硝酸Liのモル比が小さいほど腐食速度は低下した。

謝辞

本研究は極東興和(株)の受託研究の一環で行ったものである。ここに厚くお礼申し上げます。

[参考文献]1) 松本涼, 樫原弘貴, 添田政司, 林亮太: 亜硝酸塩を添加したモルタルの塩化物イオンに対する防錆性能に関する基礎的研究, Vol.35, No.1, pp.1093-1098, 2013

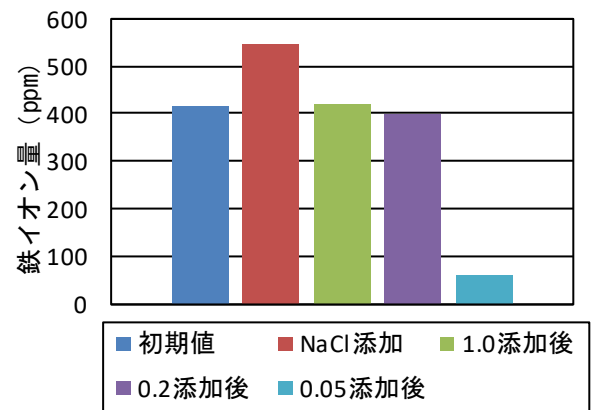


図-2 Fe^{2+} 量の経時変化

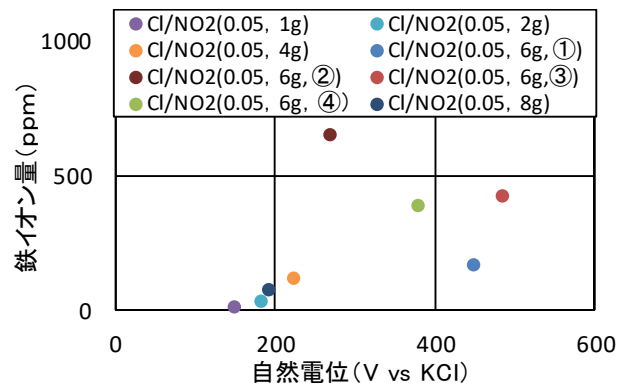


図-3 自然電位の貴化量と Fe^{2+} 消費量の関係

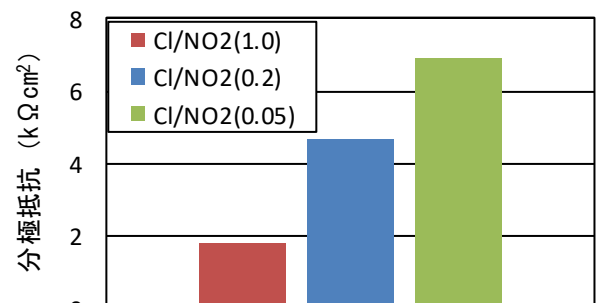


図-4 各種供試体の分極抵抗値

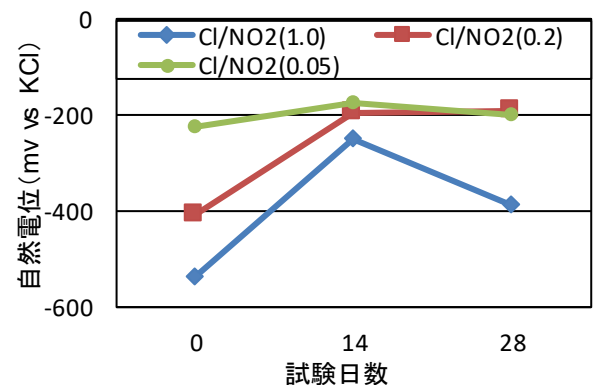


図-5 各種供試体の自然電位