

塩害と中性化の複合環境における亜硝酸リチウム混和モルタルの劣化抑制効果

福岡大学 学生会員 ○深見桜 福岡大学 学生会員 佐藤悠士朗 福岡大学 正会員 樋原弘貴
 福岡大学 正会員 添田政司 福岡大学 正会員 村上哲

1. はじめに

断面修復工法において亜硝酸リチウムを混和した断面修復材の利用が進められている。これまでに、塩害劣化に対する抵抗性として、亜硝酸イオンによる腐食抑制効果¹⁾ やリチウムイオンによる中性化抑制効果²⁾ が発揮されることが分かっている。しかし、実環境で散見される塩害と中性化の複合劣化に対する劣化抑制および防錆効果について検討事項は少ない。そこで本研究では、亜硝酸リチウム混和モルタルを作製し、塩害と中性化による複合劣化環境における各種劣化因子に対する抑制ならびに腐食抑制効果について検討を行った。

2. 実験概要

セメントには、早強セメントを用いて表-1 に示す配合で供試体を作製した。作製に際して、40×40×160mm の角柱モルタル内に、かぶり 20mm の位置に $\phi 9\text{mm}$ の磨き丸鋼鉄筋を埋設した (図-1)。

0.4mol/L の亜硝酸リチウムを練混ぜ水に対して、置換率 0%, 12.5% (LiNO_2 量: 36kg/m^3)、25% (LiNO_2 量: 72kg/m^3) の割合で混和している。打設後は、温度 20°C 、湿度 60% の環境下で、吸水シートを用いて 7 日間の湿布養生を行った。養生終了後は、供試体側面を試験面とし、試験面以外はエポキシ樹脂にて被覆し、劣化因子の侵入を遮断した。その後、表-2 に示す環境条件で塩害と中性化環境を繰返しながら、複合劣化環境を模擬した。また、定期的に自然電位の測定を行い試験開始から約 500 日で解体調査を実施した。測定項目は、試験面から 0mm~20mm の範囲を 4mm 間隔で試料を採取し、JIS A 1154 に準拠して、全塩化物イオン量および pH の測定を行った。pH の測定は、0.3g の粉体試料と 29.7g の蒸留水を混和した水溶液を測定した。また、埋設した鉄筋は、腐食の有無と腐食面積率、腐食重量の測定を行った。

3. 結果および考察

図-2 に自然電位の測定結果を示す。なお、自然電位の測定は、塩害環境から中性化環境に移行する所定日に測定した。自然電位は、いずれの供試体も約 200 日で腐食発生電位 -350mV よりも卑化し、不動態皮膜が破壊され、腐食の進行が始まったと考えられる。無混和の自然電位は、200 日目以降も卑化傾向を示したのに対し、置換率 12.5%、25% では、貴化しその後も安定する結果を示した。これは、 NO_2^- の効果によりアノード反応が抑制され支援電位が貴化あるいは、不動態皮膜が再生されたものと考えられる。

図-3 には、フェノールフタレイン溶液散布により測定した中性化深さを示す。その結果、中性化深さは、無混和で 9.5mm 程度、12.5%

表-1 モルタル配合表

置換率	W/C (%)	s/c (%)	単位量 (kg/m^3)			
			W		C	S
			LiNO_2	水		
0%	60	3	0	291	484	1434
12.5%			36	254		
25%			73	218		

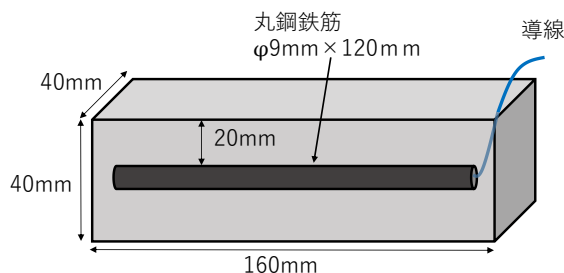


図-1 供試体概要

表-2 試験環境

中性化促進 14日間	CO_2 : 5%
	温度 : 20°C
	湿度 : 60%
塩水浸漬 3日間	NaCl : 5%
	温度 : 20°C
	湿度 : 60%

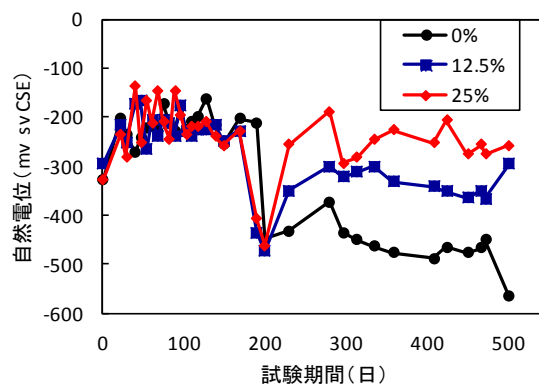


図-2 自然電位の測定結果

キーワード：亜硝酸リチウム、複合劣化、塩化物イオン、pH

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

で 2mm 程度, 25%では 0.5mm 程度であった。

一方, 図-4 には, pH の測定結果を示す。無混和の pH は, 中性化影響により表層になるに従って低下しているのに対し, 添加率 12.5%供試体は表層から 2mm までの範囲で低下が確認された。添加率 25%では, 表層においても pH の低下は確認できなかった。以上により, リチウムイオンによる pH の保持ならびに亜硝酸による保水性による CO₂ の侵入抑制により中性化が抑制されたと考えられる。

図-5 は, 全塩化物イオン量分布を示す。無混和は CO₂ の侵入による pH の低下に伴いフリーデル氏塩が分解されたことで, 表層から 6mm 位置に塩化物イオンの濃縮が確認されたのに対し, 添加率 12.5%では, 若干であるが表層において濃縮の傾向が見られる。しかし, 添加率 25%になると塩化物イオンの濃縮は確認されなかった。また, 全塩化物イオン量は, 表層部を除いて, 無混和が最も多く, 添加率の低下に伴って減少していた。これは, 亜硝酸イオンの保水性による内部養生効果によりモルタルが緻密化されたものと考えられる。

図-6 には, 解体後の鉄筋の外観を示す。無混和では, 腐食が進行しているのに対し, 亜硝酸リチウムを混和したものは, 明らかに腐食が抑制されている。置換率 25%では, 打設時の鉄筋状態と遜色なく健全性が保たれていた。図-7 には, 各種供試体における腐食面積率と腐食重量の関係性を示している。この結果からも亜硝酸リチウムを混和したモルタルでは, 明らかに腐食が抑制されており, 特に亜硝酸リチウムを 25% 混和した場合には, 極めて高い中性化抑制により複合劣化は起きず, 塩害の単独劣化になる事が分かった。

4. まとめ

- 1) 亜硝酸リチウム混和することで, 複合劣化環境下においても中性化, 塩化物イオンの浸透の両者を抑制することが分かった。
- 2) 亜硝酸リチウム混和モルタルでは, pH が低下し難いため, 複合劣化に見られる塩化物イオンの濃縮現象がし難いことが分かった。

参考文献

- 1) 松本涼ら：亜硝酸塩を添加したモルタル中の塩化物イオンの浸透および鉄筋防錆に及ぼす影響, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp1222-1227, 2014.7
- 2) 山田正健ら：亜硝酸リチウム添加モルタルの中性化抑制機構に関する基礎的研究, 日本コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1759-1764, 2017

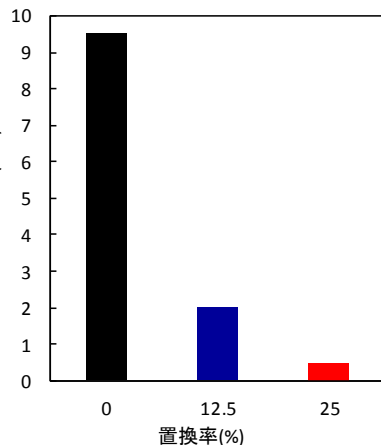


図-3 中性化深さ

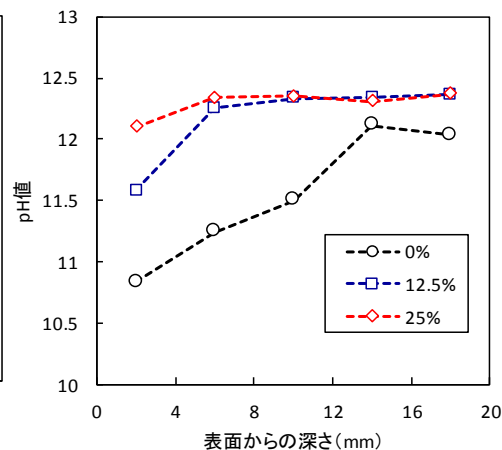


図-4 pH 測定結果

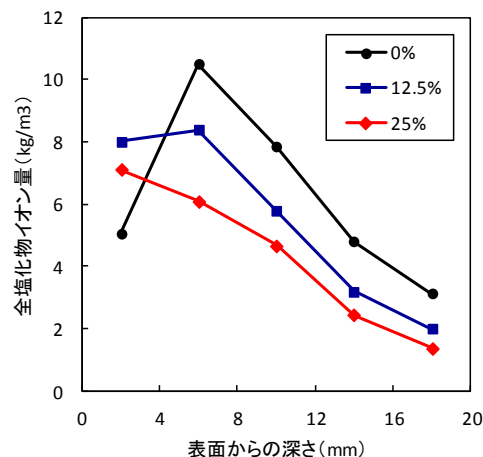


図-5 全塩化物イオン測定結果

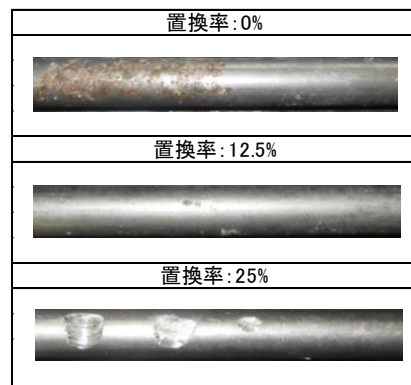


図-6 解体後筋の様子

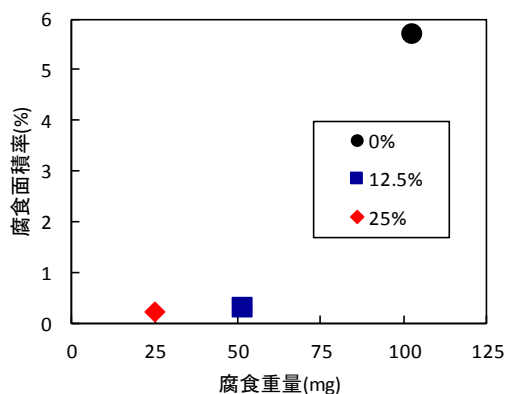


図-7 腐食面積と腐食重量の関係