

複合劣化環境下における亜硝酸リチウム混和モルタルの防錆効果

福岡大学大学院 学生会員 ○山田正健 福岡大学大学院 学生会員 大塚柚人
福岡大学 正会員 樋原弘貴 福岡大学大学院 正会員 添田政司

1. はじめに

亜硝酸リチウム混和モルタルは、断面修復材としての利用が進められている。これまでに亜硝酸イオンによる鉄筋防錆効果¹⁾、リチウムイオンによる中性化抑制効果²⁾を保持していることが分かっている。しかし、中性化環境では、CO₂が侵入した範囲において亜硝酸イオンが減少する現象が確認されている。そのため、塩害と中性化の複合劣化が想定される実環境では、亜硝酸イオンの防錆が十分に機能しない恐れがある。本研究は、亜硝酸リチウム混和モルタルにおいて、中性化促進と塩水浸漬の乾湿繰返しにより、複合劣化環境下での亜硝酸リチウムの防錆効果を検討した。

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。供試体は、4×4×16cmの角柱モルタル内に、かぶり20mmの位置にφ9mmの磨き丸鋼鉄筋を埋設しており、0.4mol/Lの亜硝酸リチウムを練混ぜ水に対して、0%、12.5%、25%の割合で混和している。打設後は、温度20℃、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。養生後は、打設底面(1面)以外の5面

表-1 モルタル供試体の配合表

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		

をエポキシ樹脂にて被覆し、表-2に示した湿潤環境(3日間)と乾燥環境(7日間)を繰り返すことで、塩害、中性化、複合劣化をそれぞれ想定した環境に供した。測定項目は、鉄

表-2 試験環境

促進環境	湿潤環境(3日間)	乾燥環境(7日間)
中性化環境	水・20℃	CO ₂ =5%・RH=60%・20℃
塩害環境	NaCl=3%・20℃	CO ₂ =0.04%・RH=60%・20℃
複合劣化環境	NaCl=3%・20℃	CO ₂ =5%・RH=60%・20℃

筋腐食の把握として、自然電位法、分極抵抗を経時的に測定を行った。また、試験開始から230日目まで自然電位の測定結果から鉄筋腐食が発生していると判断できたことから、供試体を解体して内部状況の調査を行った。測定項目は、深さごとに粉体試料を採取しJIS-A1154に準拠し、全塩化物イオン量の測定を行った。また、各種イオン量は、試料0.3±0.02gと蒸留水29.7±0.02gを混合・濾過し、イオンクロマトグラフィーを用いて測定を行った。また、供試体断面には、フェノールフタレイン溶液、硝酸銀溶液を噴霧し、中性化深さ及び塩分浸透深さを測定し、取り出した鉄筋からは、腐食重量と腐食面積率をそれぞれ算出した。

3. 結果及び考察

図-1に、自然電位の測定結果を示す。置換率0%は、塩害と複合劣化を想定した環境において、電位が低下する結果を示したのに対し、亜硝酸リチウム混和したものでは、塩害供試体のみ腐食判定電位まで低下した。

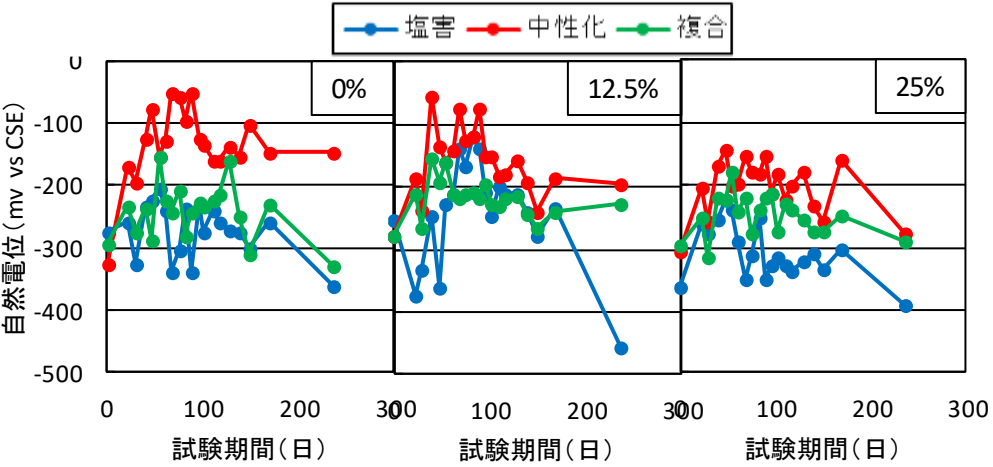


図-2には、塩害および複合劣化供試体における全塩化

物イオン量を示す。塩害供試体では、鉄筋のかぶり位置である深さ 20mm 地点における塩分量は 3.0kg/m^3 であるのに対し、亜硝酸リチウムを混和したものは、置換率の増加に伴い塩分の侵入が抑制されており、25%では、かぶり位置での塩分量は 1.1kg/m^3 であった。一方の、複合劣化供試体では、塩害と同様の傾向を示し、亜硝酸リチウムを混和することで塩分量の侵入が抑制されている。これは、亜硝酸リチウムの持つ高い保水性により、モルタル内部の養生が促進され、モルタルが緻密化されたことによるものと考えられる。

図-3 には、各供試体における亜硝酸イオン量の分布を示す。いずれの供試体においても、亜硝酸イオン量は、表層部になるに従って減少する傾向を示している。中性化環境においては、大気中の CO_2 によりモルタル表層部の亜硝酸イオンが分解されたものと考えられるがその量は少ない。一方の、複合劣化環境においても表層部の亜硝酸イオンの減少が確認されており、塩水中に亜硝酸イオンが溶出した可能性が考えられた。

図-4 には、各供試体の鉄筋腐食重量と面積率の関係を示す。いずれの環境においても、0%供試体が最も腐食が進展しており、亜硝酸リチウムの混和量に伴って、腐食の発生が抑制される結果を示した。中性化環境では、自然電位の測定からは、鉄筋腐食の発生を予測できなかったが、実際には、最も腐食が進行していた。これは、図-3 に示した中性化の亜硝酸イオン量分布において、かぶり部の亜硝酸イオンが減少していたことから、腐食の発生に伴って亜硝酸イオンにより再不動態化がなされた結果、電位は卑化しなかったものと考えられる。また、複合劣化環境では、塩害と同等の腐食状況であった。今回の結果の範囲では、亜硝酸リチウムの防錆効果は、複合劣化環境でも十分に期待できると思われる。今後も試験を継続して行っており、長期的な性能も含めて検討を行っていく予定である。

4. まとめ

- 1) 亜硝酸リチウムを混和することで、モルタル内部の組織が緻密化され、塩分の侵入を抑制する結果を示した。
- 2) いずれの環境においても亜硝酸リチウムを混和することで鉄筋腐食の進行が抑制されており、塩害と複合劣化環境における防錆性能には、大差がなかった。

【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.36, No.1, pp.1222-1227, 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

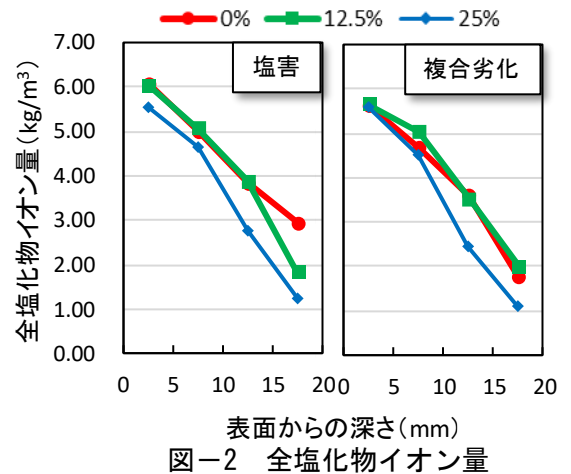


図-2 全塩化物イオン量

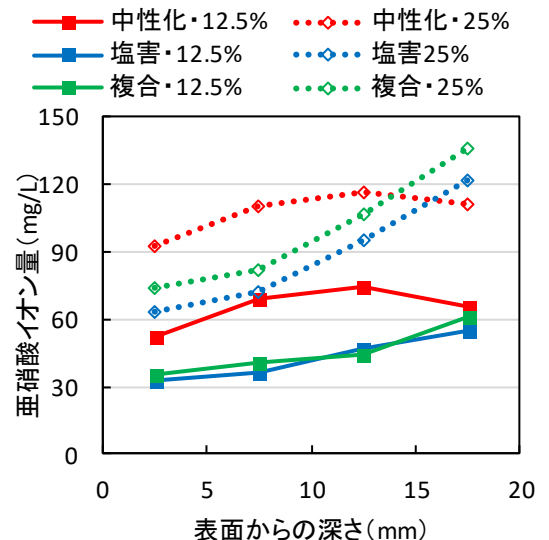


図-3 亜硝酸イオン量の分布

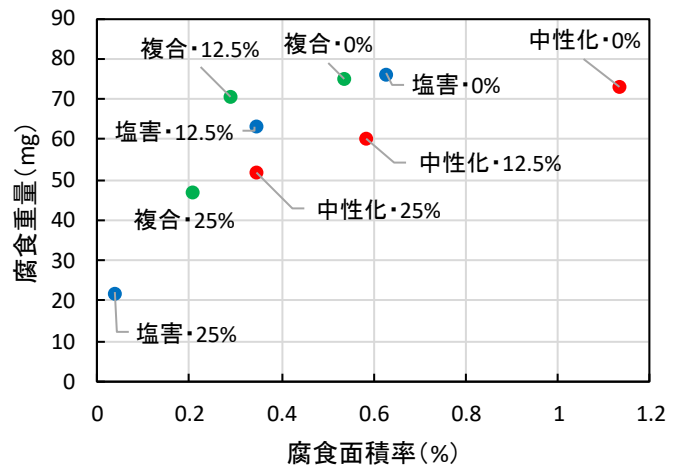


図-4 腐食重量と面積率の関係