

亜硝酸リチウム 中性化抑制 モルタル
 曝露 耐久性 補修

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の中性化は、コンクリート内の鉄筋の腐食を促進し、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を低下させる。中性化を抑制する目的も兼ねて、有機系の仕上げ塗材でコンクリート表面を被覆することが行われている¹⁾。一方、補修材として使用される無機系仕上げ塗材であるポリマーセメントモルタルは、セメントモルタルに比べ中性化抑制効果が高いが、その塗厚が薄い場合には中性化抑制効果は小さいとの報告がある²⁾。

著者らは、中性化が鉄筋位置まで進行した鉄筋コンクリートを用いて、亜硝酸リチウムを高濃度に添加したモルタルおよびペーストの表面被覆工法を評価し、その後の中性化の進行を抑制できることおよび、中性化により腐食環境に入った鉄筋に対し、その後の鉄筋の腐食を抑制できることを確認した³⁾。本研究は、沖縄の海岸沿いに長期曝露を実施した小型試験体を用い、曝露後の亜硝酸リチウム含有モルタルの中性化進行抑制効果についての検証を実施した結果について報告する。

2. 実験概要

小型試験体の材料は、異形鉄筋 D13、普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は国頭村佐手沖産海砂および国頭村半地産砕砂の混合比 7:3 の混合砂（絶乾比重 2.69、吸水率 1.23%、F.M.2.50、細骨材率 49.6%）、粗骨材は国頭村半地産砕石砂（絶乾比重 2.69、吸水率 0.51%、F.M.6.74、最大骨材寸法 20mm）を用いた。コンクリートの調合を表 1 に示す。小型試験体の形状を図 1、仕様を表 2 に示す。LNM、LNP は亜硝酸リチウム混入 SBR エマルジョンとセメントプレミックスパウダーを混練したものであり、その調合と試験結果を表 3 に示す。試験体の曝露は、沖縄県国頭郡国頭村辺野喜の海岸から約 10m の環境で 19 年間実施した。

中性化進行抑制効果の検証は、小型試験体から各仕様を含む 5×7.5×12cm のコンクリート片を切り出し、促進中性化試験を行った。促進中性化試験にあたり、採取した供試体の側面にエポキシ樹脂を塗布し二酸化炭素を遮断した。促進中性化試験の条件は、20℃、60%RH、CO₂ 濃度は 5%、促進中性化期間は 1、4、8、13、26 週とした。中性化深さは、所定材齢にて供試体を割裂し、割裂面に 1%フェノールフタレイン溶液を噴霧して着色部までの各仕様を除く距離を 5 点測定し、その平均値とした。

3. 実験結果

沖縄の海岸沿いに 19 年間曝露した供試体の中性化深さ

表 1 コンクリートの調合

単位量 (kg/m ³)					スランプ (cm)	空気量 (%)
セメント	水	細骨材	粗骨材	混和材		
294	184	877	927	1.76	18.0	4.0

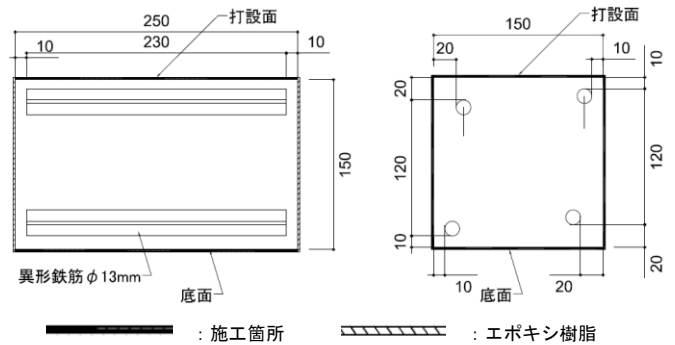


図 1 小型試験体の形状 (mm)

表 2 供試体の記号と仕様

試験体記号	仕様
無処理	無処理
LNM	亜硝酸リチウム添加ポリマーセメントモルタル5mm
LNS+LNP	亜硝酸リチウム40%水溶液200g/m ² + 亜硝酸リチウム添加ポリマーセメントペースト2mm
LNS+LNM	亜硝酸リチウム40%水溶液200g/m ² + 亜硝酸リチウム添加ポリマーセメントモルタル5mm
複層水系	複層仕上塗材(水系上塗材)
複層溶剤系	複層仕上塗材(溶剤系上塗材)

表 3 LNM、LNP の配合と試験結果

	配合比			固形分/セメント(%)		圧縮強度28日 (N/mm ²)
	セメント	珪砂他	水	LiNO ₂	SBR	
LNM	100	200	40	10	10	27.7
LNP	100	100	40	10	10	29.7

を表 4 に示す。中性化深さは供試体をカットした際に 4 面の中性深さを各 5 点測定し、平均値を求めた。

沖縄の海岸沿いに 19 年間曝露した結果、無処理では中性化が平均 5.5mm 進行した。それに対し、亜硝酸リチウムを高濃度に添加したポリマーセメントモルタルおよびペーストの表面被覆工法（LNM、LNS+LNP、LNS+LNM）の曝露 19 年後の中性化深さは、面でのバラツキは生じたが、平均値で 0.4mm 以下となり、良好な中性化進行抑制効果を示した。複層溶剤系は平均で 0.2mm、複層水系は平均で 1.0mm となった。

著者らは、小型試験体と同材料・同配合のコンクリートを使用し、同環境化において実大試験体を設置し、亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルによる塩害抑制効果の評価に関する研究⁴⁾を実施した。19年後の中性深さの測定結果は、LNM、LNS+LNP、LNS+LNM仕様とも中性化深さの進行は認められなかった。

沖縄の海岸沿いに19年した供試体での促進中性化試験結果を図2に示す。無処理の中性化深さは促進中性化条件により進行した。それに対し、亜硝酸リチウムを高濃度に添加したポリマーセメントモルタルおよびペースト表面被覆工法(LNM、LNS+LNP、LNS+LNM)は、曝露19年経過後もその後の中性化進行抑制効果を有した。LNS+LNPおよびLNS+LNMは、促進中性化の条件において、26週の経過後も中性化の進行は認められず、良好な中性化進行抑制効果を示した。複層水系および複層溶剤系は、促進期間が進むにつれ中性化深さが進行した。

促進試験で中性化深さが進行した無処理、LNM、複層水系、複層溶剤系について、中性化速度式 $X=A\sqrt{t}-B$ (X; 曝露後に進行した中性化深さ、t; 曝露後の促進中性化期間、A; 中性化速度係数、B; 沖縄曝露19年間に進行した中性化深さ)で解析を行う。

無処理は面毎のパラツキが大きいので、全ての促進期間の中性化深さにより近似式を求めた。LNMは促進処理によって中性化が生じたと考えられるため、0週間の値を除き近似式を解析した。LNS+LNPおよびLNS+LNMは、今回の促進中性化条件では中性化深さの進行は生じなかったため、中性化速度式は求められなかった。複層水系および複層溶剤系は、曝露19年後に進行した中性化深さから促進中性化により、再度中性化が進行したと考えられるため、Bを平均値の値とし解析を実施した。各条件で解析した中性化速度式および促進中性化条件で中性化が再進行するまでの期間(X=0となるtの値)を求め、結果を表5に示す。

LNMは、19年の曝露後の促進中性化試験において、0.28週間後に中性化の進行が開始した。LNMも含め亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントおよびペーストの表面被覆工法(LNM、LNS+LNP、LNS+LNM)は、沖縄の海岸沿いで19年間の曝露では中性化の進行は起きなかったといえる。LNMの中性化速度係数は0.17であり、無処理の中性化速度係数の約1/9となった。複層水系の中性化速度係数は0.74、複層溶剤系は0.47となった。LNMも含め亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントおよびペーストの表面被覆工法(LNM、LNS+LNP、LNS+LNM)は、沖縄の海岸沿いで19年間の曝露後も良好な中性化進行抑制効果を示した。

表4 19年曝露後の中性化深さ (mm)

	無処理	LNM	LNS+LNP	LNS+LNM	複層水系	複層溶剤系
A面	1.9	0.2	0.0	0.0	1.0	0.3
B面	7.0	0.0	0.2	0.0	0.7	0.0
C面	3.2	0.0	0.6	0.0	1.0	0.0
D面	9.9	0.2	0.8	0.0	1.2	0.5
平均値	5.5	0.1	0.4	0.0	1.0	0.2

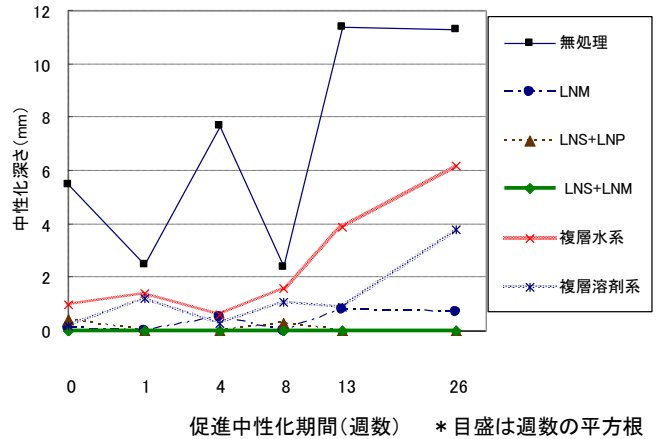


図2 曝露19年経過後の促進中性化試験結果

表5 中性化速度式および中性化が進行するまでの期間

試験体記号	中性化速度式	中性化が進行するまでの期間
無処理	$X=1.46\sqrt{t}+3.26$	—
LNM	$X=0.17\sqrt{t}-0.09$	0.28週
LNS+LNP	—	26週以上
LNS+LNM	—	26週以上
複層水系	$X=0.74\sqrt{t}+1.00$	—
複層溶剤系	$X=0.47\sqrt{t}+0.20$	—

4. まとめ

沖縄の海岸沿いに19年間曝露した亜硝酸リチウムを添加したポリマーセメントモルタルおよびペーストの表面被覆工法は、曝露後においても中性化の進行抑制機能を維持していた。

(参考文献)

- 1) 福島敏夫他：コンクリートの中性化に伴う鉄筋腐食進行に対する表面仕上材の抑制効果の定量的評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.12、No.1、pp.447~482、1990
- 2) 唐沢智之他：仕上塗材の中性化効果と透気性に関する考察、コンクリート工学年次論文集、Vol.30、No.1、pp.645~650、2008
- 3) 榊田佳寛他：防錆モルタルに関する研究、コンクリート工学年次論文集、第5巻第1号、1994年1月、pp.89~98
- 4) 福田杉夫、榊田佳寛：亜硝酸リチウム含有ポリマーセメントモルタルによる塩害抑制効果の評価に関する研究、日本建築学会構造系論文集 第78巻 第684号、251-259、2013年2月