

亜硝酸系表面含浸材を塗布したコンクリートの海洋環境下における耐久性

コンクリートメンテナンス協会 正会員 ○江良 和徳
コンクリートメンテナンス協会 正会員 峯松 昇司
コンクリートメンテナンス協会 正会員 徳納 剛
広島工業大学 フェロー会員 竹田 宣典

1. はじめに

コンクリート構造物の予防保全対策として、シラン系やけい酸塩系などの材料を用いた表面含浸工法の適用事例が増加している。亜硝酸リチウムは鉄筋腐食の抑制や ASR 抑制に効果があるとされているが、さらに亜硝酸リチウムを表面含浸工法に用いることによって中性化の進行や塩化物イオン浸透を低減できることが促進試験の結果として報告されている¹⁾、しかし、実際の暴露環境における耐久性の向上効果については十分に明らかにされていない。

本研究では、亜硝酸リチウムおよびシラン・シロキサン系材料を用いた表面含浸工法によるコンクリートの耐久性の向上効果について把握すること目的として、広島、沖縄、北海道の3箇所において鉄筋コンクリート供試体の暴露試験を行い、中性化の進行、塩化物イオンの浸透、鉄筋腐食について検討した。

2. 実験内容

(1) 供試体

実験に用いたコンクリートの配合を表-1 に示す。高炉セメント B 種を用い、W/C は 60%とし、材齢 28 日の圧縮強度は 26.9N/mm² であった。供試体は 100×100×400mm 直方体のコンクリート中に D19 の鉄筋 1 本をかぶり 20mm の位置に配置し、かぶり 20mm の面に表-2 に示す表面含浸材（亜硝酸リチウム、亜硝酸リチウム+シラン・シロキサン、アルキルアルコキシシラン）を塗布した。比較として、表面含浸材を塗布していない供試体も作製した。

(2) 実験方法

供試体は、材齢 6 ヶ月において広島県、北海道、沖縄県の 3 箇所に暴露した。暴露場所の環境条件を表-3 に示し、暴露状況（沖縄）を写真-1 に示す。北海道、沖縄の暴露位置は海岸から 0.2~0.3km の距離にある。暴露後 1.5 年において表-4 に示す方法により供試体の外観、中性化深さ、塩化物イオンの浸透深さ、鉄筋の自然電位、腐食程度を測定した。

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)							
		水 W	セメント C	細骨材 S		粗骨材 G		AE減水剤 (×0.3%)	AE助剤(×0.006%)
				砕砂 S1	石灰 砕砂 S2	砕石 G1	砕石 G2		
60	48	165	275	446	446	643	346	0.825	0.0165

表面含浸材の主成分	塗布量 (kg/m ²)
無塗布	—
亜硝酸リチウム	0.6
亜硝酸リチウム+シランシロキサン	0.6+0.18
アルキルアルコキシシラン	0.53

表-3 暴露場所の環境条件

	年平均気温(°C)	年平均湿度(%)	年間降水量(mm)	海岸からの距離(km)
広島	13.24	62.2	1537.6	約2.0
北海道	6.24	78.2	989.6	約0.2
沖縄	17.04	76.0	2019.0	約0.3



写真-1 供試体の暴露状況（沖縄）

表-4 試験項目・試験方法

試験項目	試験方法
中性化深さ	フェノールフタレインの噴霧による変色域の測定
塩化物イオンの浸透深さ	硝酸銀の噴霧による変色域の測定
自然電位	自然電位測定器(飽和硫酸銅照合電極)による測定
鉄筋腐食観察	コンクリート解体後、鉄筋の腐食程度を確認

キーワード：亜硝酸リチウム、シラン・シロキサン、表面含浸工法、暴露試験、中性化、塩化物イオン
連絡先：〒730-0053広島市中区東千田2-3-26 コンクリートメンテナンス協会 TEL, FAX：082-541-0133

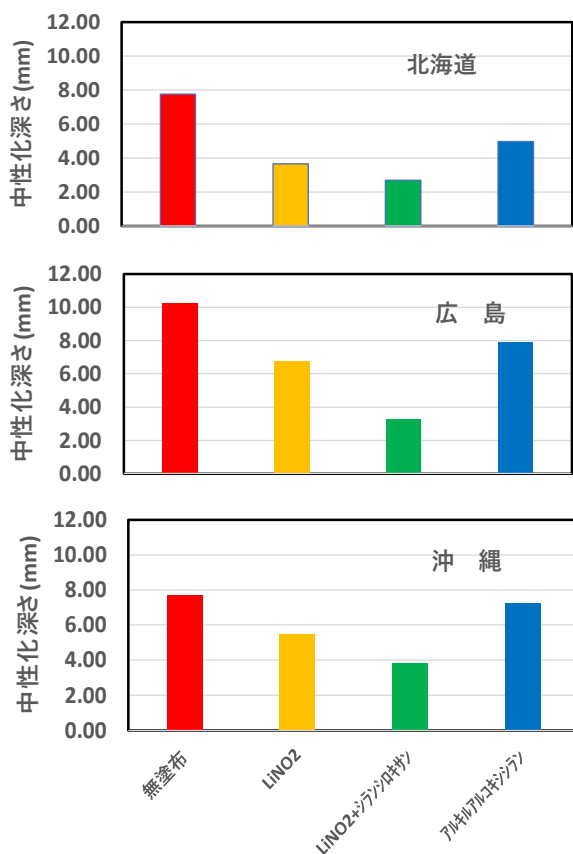


図-1 暴露後 1.5 年の中性化深さ

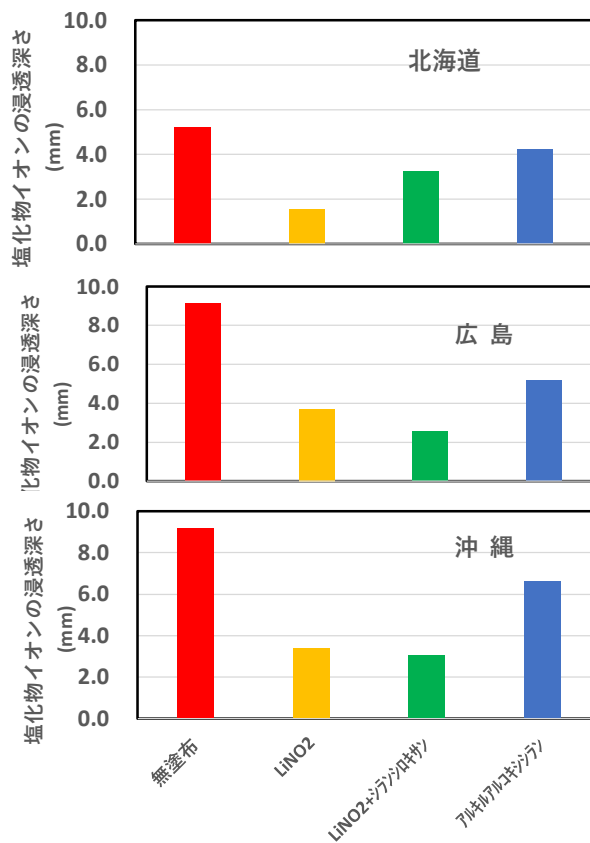


図-2 暴露後 1.5 年の塩化物イオンの浸透深さ

3. 実験結果及び考察

(1) 供試体の外観

暴露後 1.5 年において、いずれの供試体にもひび割れの発生はなく、外観に変化はなかった。

(2) 中性化深さ

暴露後 1.5 年の中性化深さを図-1 に示す。いずれの環境においても、表面含浸材を塗布したものは、無塗布に比べて中性化深さは小さくなり、鉄筋腐食の因子である二酸化炭素の侵入抑制効果が確認された。特に、亜硝酸リチウムとシラン・シロキサンを主成分とする表面含浸材を塗布した場合は、無塗布に対して 35～50%程度の中性化深さとなり、中性化の抑制効果が高いことが確認された。

暴露後 1.5 年の中性化深さの値から算出した中性化速度係数を用いて、亜硝酸リチウム+シラン・シロキサンを塗布した場合の 50 年後の中性化深さを予測した結果、20mm 程度に抑えられることが予測され、長期間にわたり中性化の進行を抑制できると考えられる。

(3) 塩化物イオンの浸透深さ

暴露後 1.5 年の塩化物イオンの浸透深さを図-2 に示す。いずれの環境においても、表面含浸材を塗布したものは、無塗布に比べて塩化物イオンの浸透深さは小さくなり、塩化物イオンの侵入抑制効果が確認された。亜硝酸リチウムとシラン・シロキサンを主成

分とする表面含浸材を塗布した場合は、無塗布に対して 30～60%程度の塩化物イオンの浸透深さとなり、塩化物イオンの浸透抑制効果が高いことが確認された。

(4) 自然電位、鉄筋腐食

いずれの供試体においても、暴露後 1.5 年の自然電位は暴露前と大きな差は見られず、-250mV より貴であることから、鉄筋の腐食は進行していないと考えられる。また、供試体を解体し暴露後 1.5 年の鉄筋の腐食状態を目視で確認した結果、いずれの供試体も鉄筋の腐食は認められなかった。これは、中性化の進行および塩化物イオンの侵入が鉄筋位置まで到達していないためと考えられる。

4. まとめ

暴露後 1.5 年においては、いずれの環境においても供試体の外観、鉄筋腐食度から鉄筋の腐食は進行していないことが確認された。また、表面含浸材をコンクリートに塗布することにより、コンクリート中への二酸化炭素および塩化物イオンの浸透を抑制する効果が見られ、耐久性向上効果が確認された。

参考文献

1)江良和徳他:亜硝酸リチウム系表面含浸材の併用効果に関する基礎的研究, 土木学会第 71 回年次学術講演概要集, V-237, 2016