中性化と塩害の複合劣化に対する防錆剤混入被覆モルタルによる補修方法の開発

金沢工業大学大学院　学生会員　○藤田　竜輔　正会員　宮里　心一
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社　正会員　有馬　直秀　フェロー会員　青山　實伸

1. はじめに

北陸地方の高速道路の鋼橋 RC 床版は，中性化の進行が早い傾向にある[1)]。また，凍結防止剤が散布されるため塩害環境にある。したがって，中性化，塩害および交通荷重による疲労の複合劣化が懸念される。

本研究では，中性化と塩害に着目し，より効率的な補修方法を開発することを目的とする。すなわち，高濃度の防錆剤を混入した補修用モルタルを既設コンクリートに薄く貼り付け，中性化と塩害に対する複合劣化を抑制する補修方法を研究する。そのため実験によって，先ず防錆剤の混入による性能を確認し，次に中性化抑制および防錆成分の供給性を確認する。

2. 実験の概要

2.1 防錆剤混入による基礎的試験

試験項目を**表 1** に示す。フロー試験で流動性を確認することで施工性能を評価する。圧縮強度試験と接着強度試験を行い，NEXCO の規格値と比較することで力学的性能を評価する。使用材料は，粒径が細かい薄層タイプポリマーセメント（以下，PCM）を使用し，防錆材は亜硝酸リチウム（以下，$LiNO_2$）を使用する。

2.2 補修効果に関する試験

試験項目を**表 2** に，実験の概要を**図 1** に示す。建設後 35 年以上が経過し，疲労と塩害により取替に至った既設床版(W/C=0.51,C=310kg/m^3)からφ75mm のコアを 8 本採取し，中性化有りと無しのコアに 2 分割し，各々のコア上面に $LiNO_2$ 混入 PCM を厚さ 2mm で塗布する。試験 1 では，中性化促進暴露(CO_2濃度 5.0%，湿度 60%，温度 40℃)を 91 日間行い，中性化深さ(JIS A1152)を測定し，中性化の抑制効果を評価する。試験 2 では雨水の影響を受けない屋外(金沢市内)で 3 カ月間の自然暴露を行い，厚さ 5mm 毎にコアスライスカットし亜硝酸イオン浸透量をイオンクロマトグラフィーにより分析する。

3. 防錆剤混入による実験結果

（1）フロー試験

練混ぜ直後および練混ぜ 30 分後のフロー値を

表 1　防錆剤混入による基礎的試験

試験項目		JIS 規格	$LiNO_2$ 混入量(kg/m^3)				
1	フロー試験	JIS R 5201	0	40	80	100	140
2	圧縮強度試験	JIS A 1108					
3	接着強度試験	JIS A 1171					

表 2　補修効果に関する試験

試験項目		PCM 無	$LiNO_2$ 混入量(kg/m^3)				
			0	25	50	75	100
1	中性化深さ	○	○	－	○	－	○
2	防錆成分の浸透分布	－	－	○	○	○	○

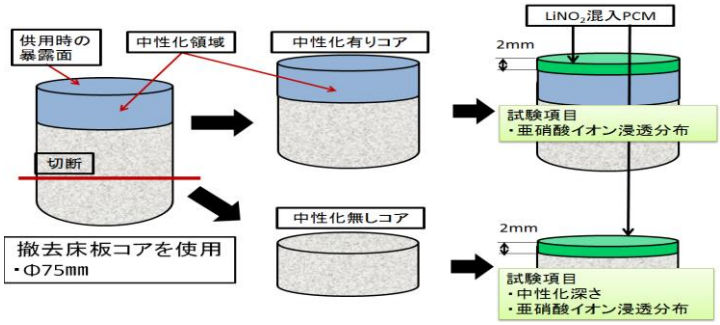

図 1　補修効果に関する実験の概要

図 2(上)に示す。$LiNO_2$ の混入量の違いや時間経過による流動性への影響は小さいと判断された。

（2）圧縮強度試験

圧縮強度を**図 2(中)**に示す。$LiNO_2$ 混入量の増加に伴い，圧縮強度は低下する傾向があったが，構造物の設計基準強度(24N/mm^2)を満足する数値であった。

（3）接着強度試験

接着強度を**図 2(下)**に示す。すべてのケースで NEXCO の規格値(1.5N/mm^2)以上であり，高濃度の $LiNO_2$ を混入しても性能を満足することが確認された。

（4）考察

施工性能と力学的性能に関する試験結果より，$LiNO_2$ 混入量が 140kg/m^3 以下であれば大きな影響は見られなかった。但し，フロー試験と接着強度試験では $LiNO_2$ 混入量が 100 kg/m^3 を超えると低下する傾向が見られた。したがって，防錆剤の限界混入量は 100 kg/m^3 と判断し，次節に示す補修効果の実験を行った。

キーワード：亜硝酸リチウム，ポリマーセメントモルタル，複合劣化，中性化，塩害
連　絡　先：〒924-0838　石川県白山市八束穂 3-1　金沢工業大学　地域防災環境科学研究所　TEL076-274-7733

4. 補修効果に関する実験結果

（１）中性化深さ

中性化深さを図 3 に示す。$LiNO_2$ の混入量を増加させた場合，中性化深さは抑制した。特に $LiNO_2$ の混入量が 100 kg/m^3 では，全く中性化しなかった。また，$LiNO_2$ を無混入の場合では，PCM を無塗布の場合と同じ結果となり，中性化の抑制効果は見られなかった。

（２）亜硝酸イオン（防錆成分）の供給性

亜硝酸イオン浸透分布を図 4(上：中性化有り，下：中性化無し)に示す。$LiNO_2$ の混入量を多くするほど，中性化の有無に拘らず亜硝酸イオンの浸透量は多いことが確認された。実験結果をもとに算出した拡散係数を図 5 に示す。亜硝酸イオンの拡散係数は，一般的な塩化物イオンの拡散係数（1cm^2/年）より大きな値を示した。特に，75 kg/m^3 以上の $LiNO_2$ を混入した中性化有りの場合では，拡散係数が大きくなった。

（３）考察と総合評価

中性化深さの結果では，高濃度の $LiNO_2$ を混入した PCM を薄く塗ることで中性化抑制効果は高くなった。これは $LiNO_2$ の持つ保水性によりモルタル内の空隙が常に水で満たされることで，炭酸ガスが透過しにくい状態になったためと推察される[2)]。亜硝酸イオンの供給性の結果では，$LiNO_2$ を高濃度に混入するほど深部まで供給されやすく，塩化物イオンに比べ亜硝酸イオンの拡散係数が大きくなり，防錆成分が浸透しやすくなった。これらの結果より，高濃度の $LiNO_2$ を PCM に混入して薄く塗る工法は，中性化と塩害に対して効果があると期待される。

5. 結論

1) 防錆剤混入による基礎的試験において，$LiNO_2$ 混入量が 100kg/m^3 までは，PCM に混入可能であった。

2) 高濃度に $LiNO_2$ を混入するほど中性化抑制効果が高まり，亜硝酸イオンの浸透量も多くなった。

3) 高濃度の $LiNO_2$ (100kg/m^3)を混入した PCM をコンクリートに薄く貼り付ける工法は，中性化および塩害に対して有効である。

参考文献

1)青山實伸他：北陸地方での道路構造物の中性化深さの進行特性,コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.1，pp635-640，2010

2)堀孝廣他:亜硝酸塩含有モルタルの中性化抑制効果,セメント・コンクリート論文集，No.45，pp550-555，1991

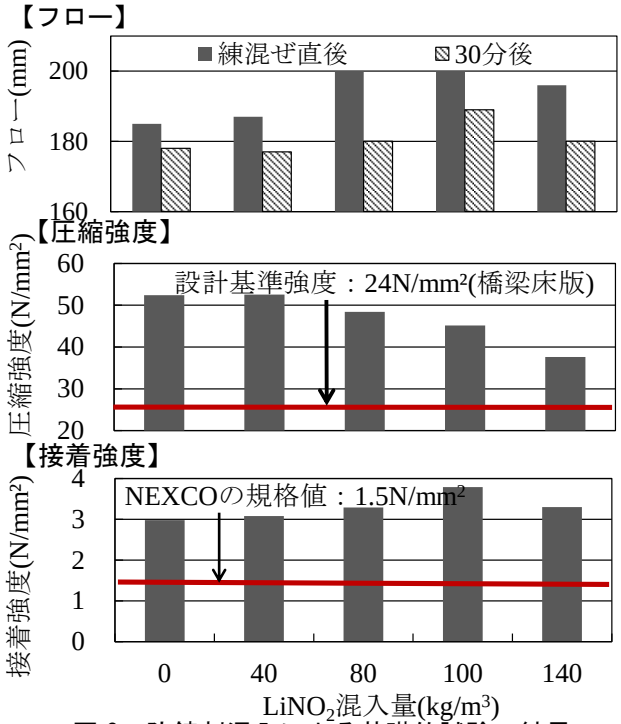

図 2　防錆剤混入による基礎的試験の結果

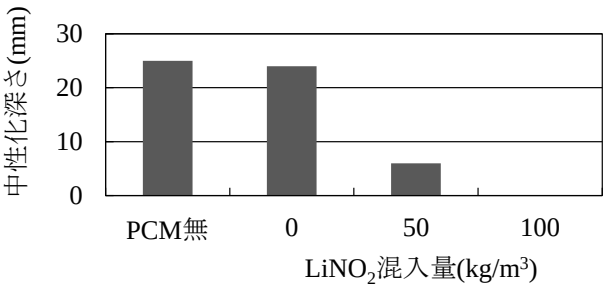

図 3　中性化深さ

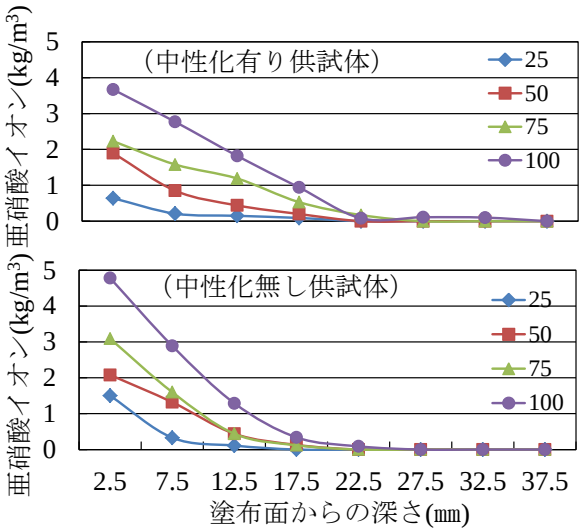

図 4　亜硝酸イオン浸透分布

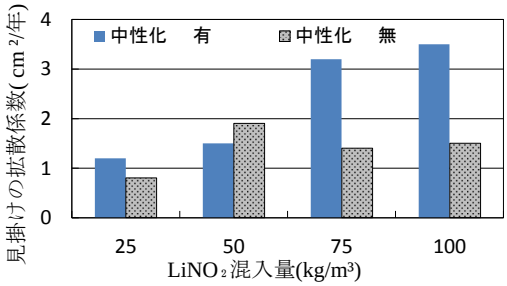

図 5　亜硝酸イオンの拡散係数