

塩害補修材料の対策効果の追跡調査

(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 ○寺田 典生
(株) 高速道路総合技術研究所 正会員 野島 昭二

1. はじめに

塩害補修用材料として、亜硝酸塩など含んだ鉄筋防せい材を使用する事例が増加しているが、防せいのメカニズムや長期的な効果については明らかとなっていない。そこで、鉄筋防せいの効果を確認するため、長期的な追跡調査、分析を行い、防せい効果の比較検討を行うこととした。本文は、材齢約 10 年目の調査結果を報告するものである。調査では、塩素吸着材の塩素の吸着、亜硝酸イオンの拡散などの状況を確認した。

2. 検討概要

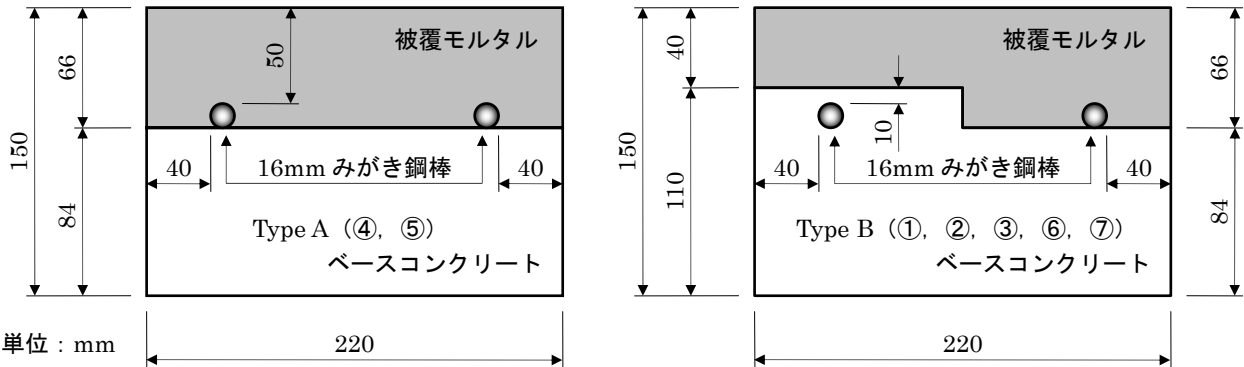
使用した鉄筋防せい材の種類を表 1 に示す。試験体は図 1 に示すように 2 タイプとし、防せい材を鉄筋に直接塗布して防せい効果を期待する防せい材 (④, ⑤) は TypeA、断面修復材に防せい材を混入して防せい効果を期待する防せい材 (①, ②, ③, ⑥および⑦) は TypeB として作製した。ベースコンクリートには、塩害補修を想定し、塩素イオンで 3kg/m³ となるよう凍結防止剤で使用する岩塩 (NaCl) を添加した。TypeA では、鉄筋全長に防せい材を塗布したものと、完全に防せい材が塗布できないことを想定して鉄筋長の 30%だけを塗布した 2 本の鉄筋を配置した。TypeB では、鉄筋を被覆モルタル (断面修復材) で覆うものと、はつり除去不足を想定してベースコンクリートに鉄筋が配置されたまま被覆モルタルで覆われるように、段差を設けている。試験項目は、鉄筋腐食度調査や試料分析など、防せい効果に関わる試験を表 2 に示すような項目で実施する。養生条件は、室温 30℃の促進養生室で、1 日に 1 回、十分な散水を繰り返すこととした。

表 1 鉄筋防せい材の種類

番号	防せい材の種類	試験体	備考
①	塩素吸着材	Type B	セメント質量の 20%を置換
②	亜硝酸リチウム	Type B	添加量：21.0 ℓ / m ³
③	亜硝酸カルシウム	Type B	添加量：14.0 ℓ / m ³
④	さび転換型防せい材	Type A	みがき鋼棒 1 本は全面塗布、 1 本は 30%塗布 (長さ比)
⑤	エポキシ樹脂系防せい材	Type A	
⑥	鋼繊維補強モルタル	Type B	鋼繊維量：78.5kg/m ³
⑦	無添加	Type B	基準試験体

表 2 試験項目

種 別	内 容
非破壊試験	・ 自然電位測定
試験体の 切断試料 による分析	・ 鉄筋腐食度調査
	・ 全塩化物イオン濃度分析
	・ 走査電子顕微鏡観察※
	・ X 線回折分析※
	・ 等倍元素マッピング
	・ 亜硝酸イオン分析
	・ EPMA 分析※



※試験体の奥行きは 600mm、配置鋼棒端部には自然電位計測用のリード線を設置し、側面はコンクリート塗装を施す

図 1 鉄筋防せい材の効果確認に使用する試験体の概要図

キーワード 塩害, 補修, 鉄筋防せい材, 塩素吸着材, 亜硝酸リチウム, 亜硝酸カルシウム
連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL042-791-1943

3. 試験結果

鉄筋腐食：試験体の自然電位測定では、いずれも腐食なし、あるいは不確定の傾向を示すものであった。試験体より採取した鉄筋は、塩分や酸素の供給のある被覆モルタル中の鉄筋下面や、ベースコンクリート中の鉄筋下面で腐食が見られた。鉄筋に直接防せい剤を塗布するタイプ（④、⑤）では、腐食はほとんどなかった。

イオンの移動：供試体中の塩素イオンと亜硝酸イオンの分布状態から、亜硝酸系の防せい剤（①、②、③）を用いた場合には、亜硝酸イオンがベースコンクリート中へと移動していることを確認した。図2に示すように、塩素吸着材を使用した場合には、被覆モルタル中の濃度が高く、ベースコンクリートの内部まで亜硝酸イオンが拡散している傾向が顕著であった。

塩素吸着材：塩素吸着材を使用した供試体の塩素（Cl）の等倍元素マッピング結果を図3に、ハイドロカルマイト-フリーデル氏塩中の塩素イオン置換率を図4に示す。図3では、被覆モルタルの下層（ベースコンクリートとの界面から5mm程度）で塩素濃度が増加するとともに、下地コンクリートの鉄筋上方の塩素濃度が低下していることを確認した。これは、塩素吸着材の効果と推定できる。また、EPMA分析や図4に示すX線回折分析から、ハイドロカルマイト-フリーデル氏塩系水和物中の塩素の含有状況は、断面修復モルタルの下部と下地コンクリートの上部が同様であることが判明した。EDS分析によると、ハイドロカルマイト-フリーデル氏塩系水和物中の塩素置換率は、材齢1ヶ月で53%に達していたが、材齢10ヶ月で36%まで減少し、今回はさらに12%にまで減少していることが判明した。前回の調査から10年後の現在までの間に、①塩素吸着材（ソルカット）による塩素の吸着がさらに進行し、下地コンクリート中の鉄筋周辺（かぶり部分）の塩素は減少して、断面修復モルタル中へと移動したことになる。しかしながら、②下地コンクリート中のハイドロカルマイト-フリーデル氏塩系水和物の塩素置換率（12%）は、被覆モルタル中（界面より5mm上方）の塩素置換率（13%）とほぼ等しいことから、塩素の吸着効果はすでに平衡に達している可能性がある。ただし、いつの時点で平衡に達したかについては、不明である。

4. まとめ

コンクリート構造物の塩害補修では、有害な塩分を含む断面をはつり処理により除去することが重要である。しかし、除去が不十分な場合やPC構造物のように大断面を除去することが構造上困難な場合もある。本検討で明らかとなった塩素吸着材の塩素の吸着・除去効果を利用して、除去しきれない塩分に対する防せい効果を期待できる可能性があることが明らかとなった。この効果を検証するため、実構造物の施工事例を調査することが望まれる。

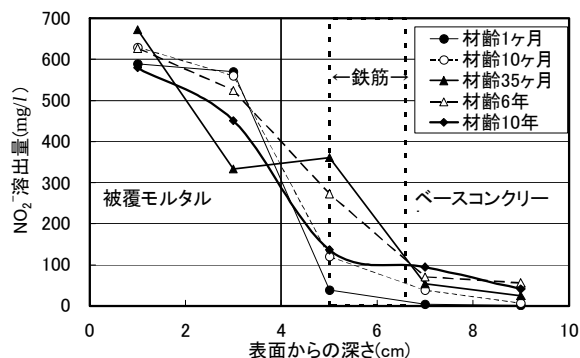


図2 亜硝酸イオン量の分析（試験体①）

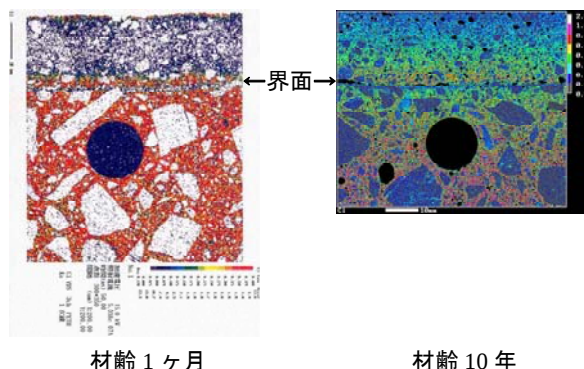


図3 塩素の等倍元素マッピング（試験体①）

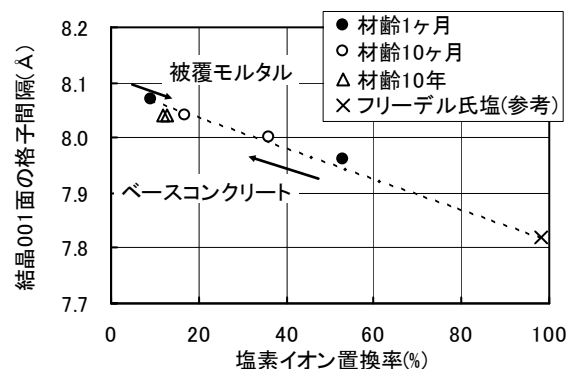


図4 ハイドロカルマイト-フリーデル氏塩中の塩素イオン置換率