暴露供試体を用いた塗布型鉄筋防せい剤の浸透性の検証

西日本高速道路(株) 中国支社　正会員　○本荘 清司　　(株)国際建設技術研究所　正会員　藤原 規雄
西日本高速道路エンジニアリング中国(株)　非会員　森田 仁也

1．はじめに

除塩不足の海砂による内部塩分と凍結防止剤の塩分浸透によって塩害劣化が顕著になった RC 中空床版橋の下面に対して，大規模な断面修復を 2000 年に実施した[1)2)]．

この補修においては，設計耐用年数 100 年を想定し，鉄筋の防せい対策として劣化因子の浸入に対して十分なかぶりを確保するとともに，フェールセーフとして塗布型防せい剤の亜硝酸リチウムを使用した．その防せい効果を検証するために，補修部断面を模擬した供試体による暴露試験を実施している．

本報告は，この暴露供試体を用いて塗布型防せい剤の浸透状況を 2012 年に調査した結果をとりまとめたものである．

2．暴露試験の概要

2.1　供試体の概要

既往の研究で，亜硝酸塩には塩化物や中性化の影響によって破壊された鉄筋の不動態皮膜を再生して腐食を防ぐ効果があることが確認されている．当該橋梁の補修では，内部塩分と凍結防止剤の影響で高い濃度の塩化物イオンを含有している表面付近のコンクリートをはつり取って断面修復するとともに，防せい剤として亜硝酸リチウム（40%水溶液）をはつり出した鉄筋，はつり後の既設コンクリート表面，吹付け後のモルタル表面に塗布した．

当時は，道路構造物の断面補修に防せい剤として亜硝酸リチウムを使用する事例は多くなかったため，その腐食抑制効果を確認するために，補修断面を模擬した供試体による暴露試験を継続的に実施している（2012 年 11 月調査時は約 12 年が経過）．

腐食抑制効果確認用供試体は，亜硝酸リチウムの浸透性の検証を目的として製作したもので，亜硝酸リチウムを塗布したモデル（以下，「塗布モデル」という）と塗布していないモデル（以下，「無塗布モデル」という）の 2 つのタイプを用いた．

いずれの供試体も当該橋梁の直下に暴露養生されており，冬期には本線を通過する車両によって巻き上げられた凍結防止剤を含んだ飛沫がかかる環境にある．

供試体の概要と暴露状況を**図 2.1** および**写真 2.1** に示す．また，**図 2.2** に断面修復のイメージを示す．

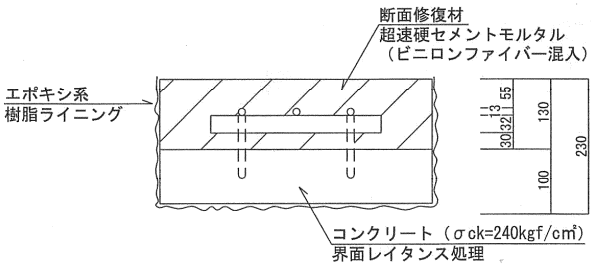

図 2.1　腐食抑制効果確認用供試体

写真 2.1 暴露状況

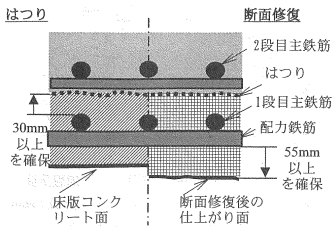

図 2.2 補修のイメージ

2.2　亜硝酸リチウムの塗布量

当該橋梁の床版下面には主鉄筋が 2 段で配置されている．亜硝酸リチウムは，表面側となる 1 段目の主鉄筋についての腐食抑制を目的として，はつり出した鉄筋の表面および断面修復後のモルタル表面に塗布しているが，既設コンクリートの内部塩分の再拡散に対する腐食抑制効果や 2 段目の主鉄筋についての腐食抑制効果も期待して，劣化部をはつり取ったあとの既設コンクリート表面にも塗布している．

腐食抑制効果確認用供試体の塗布モデルには，実橋と同じ仕様で各部に亜硝酸リチウム(40%水溶液)が塗布されており，それぞれの塗布量は以下のとおりである．

① 既設コンクリート面：1 層 200g/m^2×2 層塗り
② 鉄筋：1 層 50g/m^2×2 層塗り
③ 吹付けモルタル表面：1 層 200g/m^2×1 層塗り

キーワード　塩害，凍結防止剤，断面修復，鉄筋腐食，防せい剤，亜硝酸リチウム
連絡先　〒731-0103 広島市安佐南区緑井 2-26-1　西日本高速道路(株) 中国支社 事業調整部 TEL 082-831-4111

３．検証結果

3.1　亜硝酸イオンの浸透状況

現時点における亜硝酸イオンの浸透状況を確認するために，塗布モデル供試体の表面から鉛直方向に２本コアを採取し，1cm 厚にスライス（図 3.1 参照）したものを試料としてイオンクロマトグラフィ試験を実施し，亜硝酸イオンの分布状況を調べた．

その結果は図 3.2 に示すとおりで，表面に塗布した亜硝酸リチウムについては表面から 2cm の層まで，既設コンクリートに塗布したものについては新旧コンクリートの界面（表面から 13cm の位置）から 5cm 以上の深さまで浸透していることが確認された．また，ここでは塗布後に打設したモルタル側にも新旧界面から 2cm の層まで浸透していることが確認された．

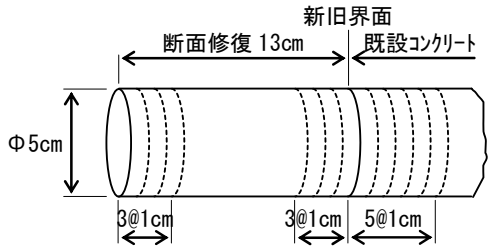

図 3.1　亜硝酸イオン分析用コアの切断要領

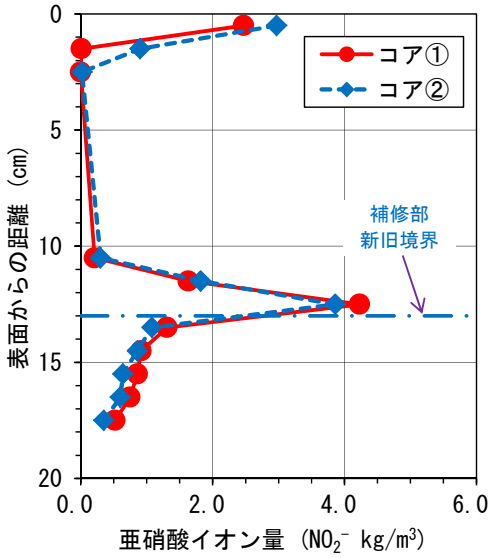

図 3.2　亜硝酸イオンの分布状況

3.2　防せい効果の範囲

既往の研究[3]から，亜硝酸イオン（NO_2^-）が塩化物イオン（Cl^-）に対してモル比 0.6 以上で腐食抑制効果を発揮すると仮定すると，現在の亜硝酸イオンの分布状況から塩化物に対する腐食抑制効果が期待できる範囲は図 3.3 のように考えられる．

今回は，塩化物イオン濃度や鉄筋の腐食状況についても調査したが，その濃度は最表面の層の最大値でも一般的な発せい限界値（Cl^-で 1.2kg/m³）をやや超えた 1.7kg/m³ 程度であった．表面から 2cm より深い層の濃度は 0.1kg/m³ 未満であり，はつり出した鉄筋（純かぶり 55mm）は腐食していなかった．

亜硝酸リチウムの実際の腐食抑制効果を確認するためには，無塗布モデルの鉄筋に腐食が発生するまで供試体の暴露試験を継続する必要がある．

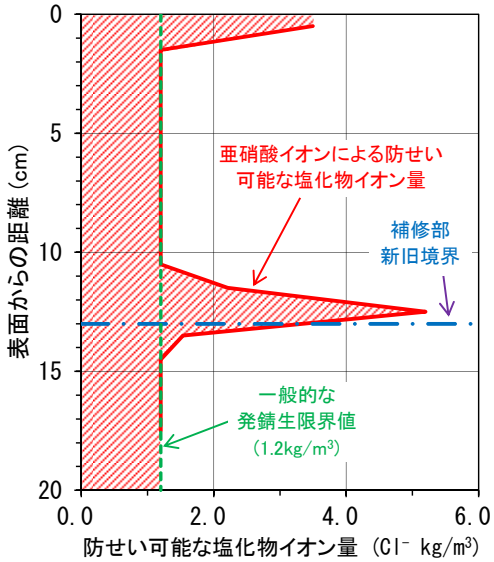

図 3.3　防せい可能な塩化物イオン量

４．まとめ

今回の調査結果のまとめを以下に示す．

- 亜硝酸リチウムの浸透状況および防せい効果を検証するために，現地に 12 年間暴露されている腐食抑制効果確認用供試体を調査した．
- 表面に塗布した亜硝酸リチウムについては表面から 2cm の層まで，既設コンクリートに塗布したものについては新旧コンクリートの界面（表面から 13cm の位置）から 5cm 以上の深さまで浸透していることが確認された．また，ここでは塗布後に打設したモルタル側にも新旧界面から 2cm の層まで浸透していることがわかった．

［参考文献］

1) 本荘・上東・井手上・丸屋・谷口・宮川：内部塩分と凍結防止剤により劣化した RC 中空床版橋への劣化予測に基づく計画的維持管理の適用，土木学会論文集 No.774／V-65，pp.99-110，2004.11
2) 本荘・井手上・上東・谷口・丸屋・宮川：塩害劣化した RC 中空床版橋への吹付けによる断面修復工法の適用，土木学会論文集 No.798／VI-68，pp.75-88，2005.9
3) A.M.Rosenberg, et al : the Inhibition of Chloride-Induced in Reinforced Concrete by Calcium Nitrite, American Society for Testing and Materials, 1980