

## プライマー及び鉄筋防錆剤として用いた塩分吸着型エポキシ樹脂の鉄筋腐食抑制効果の検証

日本国土開発株式会社 正会員 ○古田 雅和 正会員 山内 匡 正会員 千賀 年浩  
 上北建設株式会社 非会員 三浦 美千徳

### 1. はじめに

RC 構造物は、海洋からの飛来塩分や冬期に散布される凍結防止剤等の外来塩分、また洗浄不十分な海砂の使用による内在塩分の影響により、コンクリート構造物中の鉄筋が腐食する塩害劣化が顕在化している。塩害で劣化した RC 構造物は、構造耐力に影響を及ぼす前に断面修復工法等による補修が施されるが、コンクリート内部の塩分の除去が不十分であることや、補修後に再度塩分が侵入すること等により、再劣化が生じている事例も見られる。

このような塩害による劣化や再劣化の対策として、著者らは有機系の補修材として多く用いられるエポキシ樹脂に塩分吸着剤を添加した「塩分吸着型エポキシ樹脂補修材」（以降、「本補修材」と記す）の研究開発を行ってきた。この本補修材を上記の塩害環境下における断面修復工法のプライマー及び鉄筋防錆剤として適用すれば、補修と同時にコンクリート及び鉄筋の既存塩分を吸着して塩害による再劣化の抑制が期待できる。適用イメージを図-1 に示す。既往の研究において、本補修材の塩分吸着効果及び塩分が付着した鉄筋に塗布することによる防錆効果を室内試験によって確認している<sup>1)</sup>。本報では、内在塩分、また外来塩分の影響により塩害の生じた RC 構造物に対して、本補修材を断面修復工法のプライマー及び鉄筋防錆剤として適用した試験施工を実施し、鉄筋の自然電位の測定によって鉄筋腐食抑制効果を検証した結果を報告する。

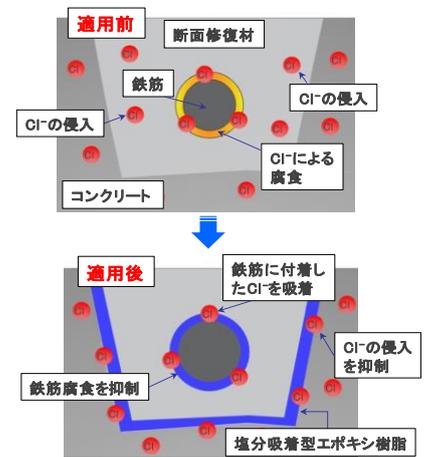


図-1 プライマー及び鉄筋防錆剤への適用イメージ

### 2. 塩分吸着剤とエポキシ樹脂

塩分吸着剤は、層状複水酸化物の一種であり層間に陰イオンを取り込み、保持している陰イオンとイオン交換する性能を有する。本研究開発では、この陰イオンのイオン交換性能を向上させるため、層状複水酸化物の結晶子サイズを 10nm 程度に小さく調整し、またその層間には硝酸イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) を担持させ、鉄筋腐食に影響する塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>) を吸着すると同時に硝酸イオンを放出する塩分吸着剤を使用した。層状複水酸化物の塩化物イオン (Cl<sup>-</sup>) の吸着及び硝酸イオン (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) の放出イメージを図-2 に示す。

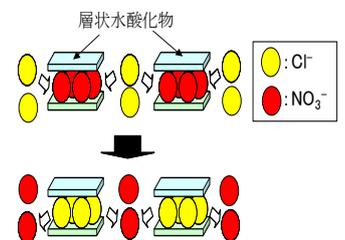


図-2 層状複水酸化物のイオン交換イメージ

表-1 本補修材の性状

比重	粘度 (mPa・s;23°C)	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	接着強さ(標準条件) (N/mm <sup>2</sup> )
1.21	330	35	8.1

エポキシ樹脂は、2液混合型熱硬化性の硬質系エポキシ樹脂を用いた。また、本補修材は上記のエポキシ樹脂の質量に対して塩分吸着剤を 20%置換した。本補修材の性状を表-1 に示す。なお、本補修材は、鉄筋防錆剤として NEXCO 構造物施工管理要領の「鉄筋防錆剤の性能照査」の規格を満足している。

### 3. 試験概要

試験施工を対象とした構造物は、内在塩分の影響により塩害劣化した RC 構造物（以降、構造物 A と記す）、及び外来塩分の影響により塩害劣化した RC 構造物（以降、構造物 B と記す）である。これらの劣化状況を写真-1 に示す。構造物 A は、洗浄不十分な海砂の使用による内在塩分の影響により塩害劣化が生じたボックスカルバートである。かぶりのコンクリートが剥落し、鉄筋は錆が全体に発生していた。また、コンクリートはつり取り後の鉄

キーワード エポキシ樹脂、塩分吸着剤、塩害、鉄筋腐食、補修、断面修復工法

連絡先 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9 日本国土開発(株) TEL03-5410-5750

筋においても同様であった。鉄筋位置のコンクリートの全塩化物イオン量を調査したところ 2.25～2.99kg/m<sup>3</sup>であった。構造物 B は、海岸からの距離が 30m と近く、常時飛来塩分の影響を受ける橋梁である。橋梁の地覆部は主筋に沿ったひび割れが発生し、錆汁が見られた。鉄筋位置のコンクリートの全塩化物イオン量は 6.35kg/m<sup>3</sup>であった。



写真-1 塩害劣化状況

これらの構造物は、コンクリートをはつり取り後、鉄筋はディスクサンダーとワイヤーブラシを併用したケレンを施した。その後、自然電位の測定に必要となるリード線を鉄筋に設置し、コンクリートはつり面及び鉄筋に本補修材を 0.25kg/m<sup>2</sup> 塗布した。塗布後、一般的なポリマーセメントモルタルにて埋め戻した。なお、本補修材と断面修復材との接着性について、建研式による引張接着試験を事前に実施した結果、1.88N/mm<sup>2</sup>であった。

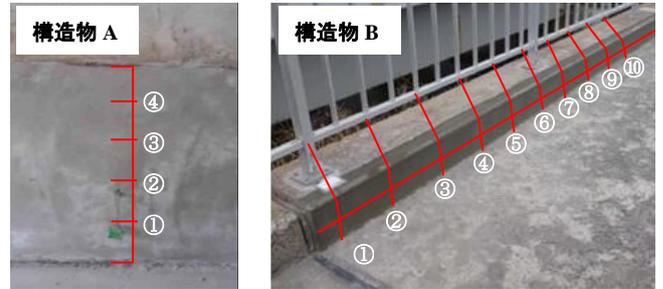


写真-2 測定部の位置

補修後の鉄筋の腐食状況を確認するため、鉄筋の自然電位を測定した。照合電極としては飽和硫酸銅電極を用いた。また、構造物 A 及び構造物 B の測定点は、主筋に対して所定の間隔とした。写真-2 に各測定部の位置を示す。測定頻度は、断面修復後翌日に 1 回実施し、その後適宜実施した。

#### 4. 試験結果

図-3 に構造物 A の自然電位測定の平均値の結果を示す。施工直後では、-350mv より卑の値を示していた。自然電位測定値に基づく代表的な評価基準 ASTM C 876 では、測定値が-350mv より卑の値を示している場合には 90%以上の確率で鉄筋は腐食しているとされる。その後、時間経過とともに自然電位は貴の傾向となり、施工後 3 週目では-350mv よりも貴の値となった。さらに、4 カ月目では自然電位は-130mv 程度と高く、それ以降も高い値を維持していた。

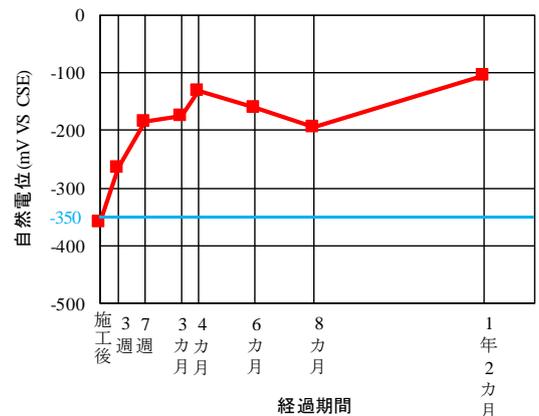


図-3 構造物 A の自然電位測定結果

図-4 に構造物 B の自然電位測定の平均値の結果を示す。施工直後では、-600mv 程度と低い値を示していたが、構造物 A と同様に、施工後自然電位は貴の傾向となり、7 週目では-350mv 程度の値を示した。その後、施工 5 カ月までは-400mv 程度を示したものの、施工 7 カ月では-350mv を超える結果となった。その後、1 年 5 カ月までその状態を維持する結果が得られた。

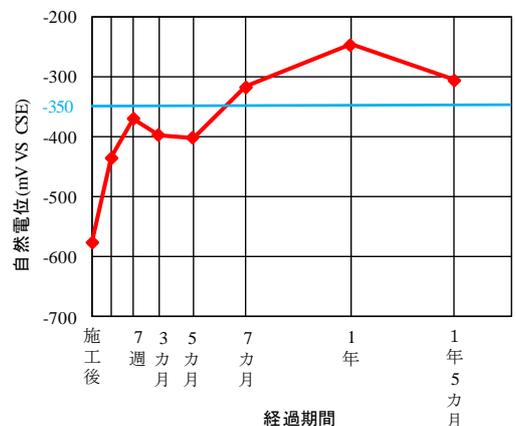


図-4 構造物 B の自然電位測定結果

これは、本補修材の塩分吸着効果によって、鉄筋の腐食が抑制されたと考えられる。

#### 5. 結論

本補修材を塩害劣化した RC 構造物の断面修復工法におけるプライマー及び鉄筋防錆剤として適用することにより、補修後の鉄筋の腐食を抑制する効果があることを確認した。

#### 参考文献

- 1) 千賀年浩ほか:塩分吸着材を混入したエポキシ樹脂の基本的性質, コンクリート工学年次論文集, vol.37, No.1, 2015