

# ハイブリッドエポキシ樹脂

## ～塩分吸着型エポキシ樹脂

## コンクリート補修材～

日本国土開発株式会社

山内 匡  
古田 雅和  
正久 史徳

### 1 はじめに

鉄筋コンクリート構造物は、海洋からの飛来塩分や冬季に散布される凍結防止剤などの外来塩分、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って鉄筋は腐食し、ひび割れや剥落などの塩害劣化が生じる。このような塩害劣化に対する補修には、セメントなどの無機系材料に塩分吸着材や亜硝酸リウムなどの鉄筋防錆性能を有した材料を添加した補修材料が広く用いられている。一方、補修材料として多様な用途で用いられる有機系材料を使用した同様な補修材料は少ない。

我が社は、有機系材料であるエポキシ樹脂に塩分吸着材（以下、ADOXパウダー）を添加した塩害対策用コンクリート補修材「ハイブリッドエポキシ樹脂」を開発し、これまで多くの実績を上げている。本材料は、塩害環境下において発生しているひび割れへの自動式低圧注入工法における「ひび割れ注入材」、また塩害を受けた箇所の断面修復工法における「プライマー及び鉄筋防錆材」などとして使用されている。それぞれの使用イメージを図1と図2に示す。

なお、本材料は「ハイブリッドエポキシ樹脂（塩分吸着型エポキシ樹脂コンクリート補修材）」として、NETIS登録（HK-170005-VR）している材料である。

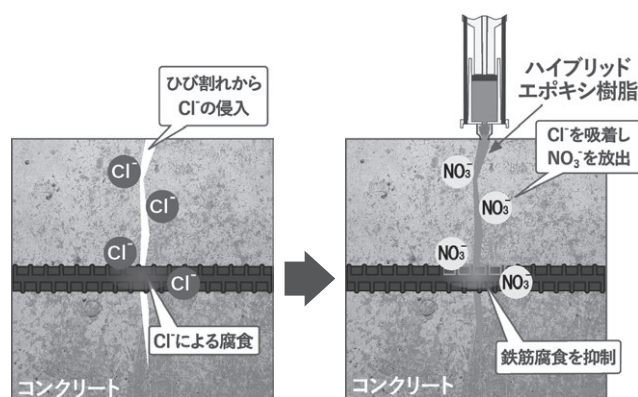


図1 塩害対策ひび割れ注入工法のイメージ図

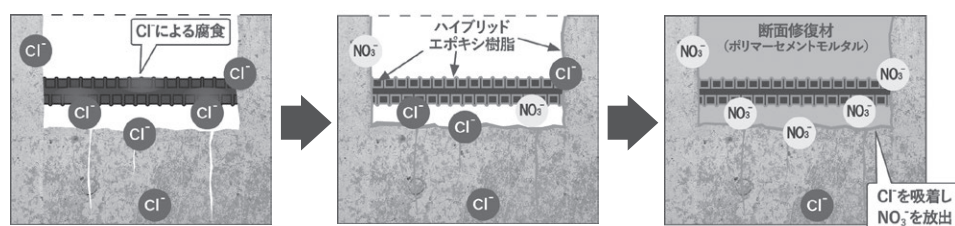


図2 塩害対策断面修復工法のイメージ図

### 2 ハイブリッドエポキシ樹脂の概要

#### 2.1 構成材料

ハイブリッドエポキシ樹脂は、二液混合型熱硬化性の硬質形低粘度形エポキシ樹脂と、層状複水酸化物の一種であり、層間に塩化物イオン（ $\text{Cl}^-$ ）を取り込み、保持している硝酸イオン（ $\text{NO}_3^-$ ）とイオン交換する性能を持つADOXパウダーで構成

ハイブリッドエポキシ樹脂は、前述のエポキシ樹脂に対して重量比で二〇%のADOXパウダーを添加したものを基本製品としている。品質としては、以下の①～③の品質規格を満足しており、ADOXパウダーを二〇%添加したことによっても、エポキシ樹脂従来の品質を有している。一例として、表1に②の品質規格試験結果を示す。

表1 品質規格試験結果の一例

試験項目		試験値	規格値
未硬化樹脂	粘度 ( $\times 10^{-3}$ ) Pa・s	330	1,000以下
	収縮率 %	2	3.0以下
硬化樹脂	付着強さ N/mm <sup>2</sup>	乾燥面 8.1	6以上
		湿潤面 7.2	3以上
	付着力耐久性保持率 %	94	60以上

## 2.2 ADOXパウダーの添加率及びハイブリッドエポキシ樹脂の性能

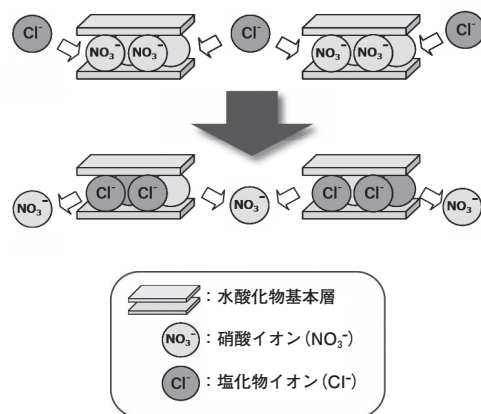


図3 ADOXパウダーのイオン交換イメージ図

されている。ADOXパウダーのイオン交換イメージを図3に示す。

供試体は、内径一〇〇mm、高さ二〇〇mmの硬質ポリ塩化ビニル管（VP）を型枠として、長さ一五〇mmの異形鉄筋D13を塩ビ管の側面中央に水平に設置して作製した。コンクリート打ち込み後、脱型を行わずに気中にて二八日間封緘養生し、割裂載荷により鉄筋の直角方向に〇・二〇・六mmのひび割れを発生させ、暴露を開始した。供試体の作製概要を図4に示す。

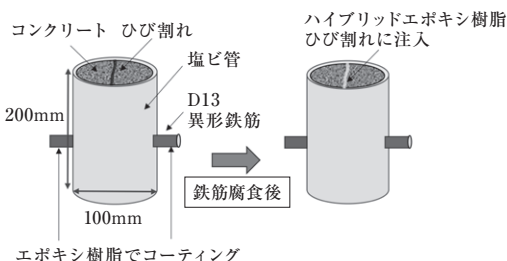


図4 供試体作製概要

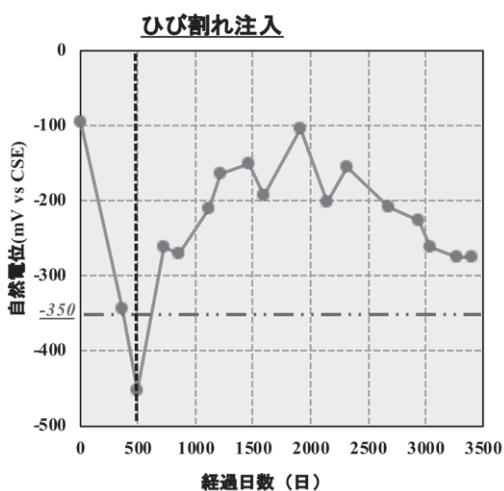


図5 自然電位測定結果

暴露試験場は北海道増毛町にある日本海に面し、常時塩分が飛来する環境において、ひび割れがある鉄筋コンクリートを模擬した供試体を用いて実施した。

## 3.1 暴露試験の概要

### 3 ひび割れ注入材に使用した暴露試験モニタリング結果

- ① JIS A 6024「建築補修用注入エポキシ樹脂硬質形エポキシ樹脂の品質 低粘度形 冬用」
- ② NEXCO 構造物施工管理要領「ひび割れ注入工法用エポキシ樹脂系ひび割れ注入材の品質規格 一種」
- ③ NEXCO 構造物施工管理要領「鉄筋防錆材の性能照査」

「と判定される-350mVより卑の値を示したことを確認後、ハイブリッドエポキシ樹脂をひび割れに注入して暴露を継続し、その鉄筋の腐食抑制効果を自然電位測定によってモニタリングを行った。

## 3.2 試験結果

図5には、供試体三検体を平均した自然電位の測定結果を示す。暴露直後は-100mV程度の値を示していたが、暴露開始後の自然電位は徐々に卑の傾向となり、暴露約一年半において-350mVより卑の値を示した。この時点で、ひび割れにハイブリッドエポキシ樹脂を注入した。

ひび割れ注入後の自然電位は増加し、鉄筋腐食の可能性がある-350mVよりも貴の値を示した。その後も自然電位は貴の傾向となり、注入後八年超、その状態を維持する結果を示している。なお、筆者らは同様な供試体を用いた室内促進試験による、ADOXパウダーを添加していない



エポキシ樹脂と比較した、ハイブリッドエポキシ樹脂の適用効果について、既往の論文で報告している。

## 4 断面修復工のプライマー及び鉄筋防錆材に使用した実施工結果

### 4・1 実施工の概要

#### (1) 対象構造物

対象の鉄筋コンクリート構造物は、昭和三十七年に供用された側道橋である。海岸からの距離が三〇m程度と近く、常時飛来塩分の影響を大きく受ける環境にある。側道橋の地覆部全体に主筋に沿ったひび割れが発生して錆汁も確認された。はつり出したかぶり部のコンクリート片の塩化物イオン量は六・三五kg/m<sup>2</sup>であった。施工前の劣化状況を写真1に示す。

#### (2) 施工概要

施工箇所は地覆部全体とし、表層から鉄筋裏ま



写真1 側道橋地覆の施工前劣化状況



写真2 はつり取り後の鉄筋状況



写真3 塩分吸着型エポキシ樹脂塗布後の状況



写真4 側道地覆の施工後（7年2か月後）状況

でのコンクリートを深三五mm程度まではつり取った。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、コンクリートのはつり面及び鉄筋に、ハイブリッドエポキシ樹脂を〇・二五kg/m<sup>2</sup>塗布し、一般的なポリマーセメントモルタルで修復した。はつり取り後の鉄筋及びハイブリッドエポキシ樹脂塗布後の状況を写真2及び写真3に示す。

### 4・2 モニタリング結果

施工七年二か月において実施した打音検査や外観（写真4）に異常はみられていない。外来塩分などによる塩害を受けた鉄筋コンクリート構造物の塩害補修、特に断面修復工法においては、無機系材料を使用し、これに塩分吸着材や亜硝酸リチウムなどの鉄筋防錆性能を有した材料を添加した補修材料が広く使用されているが、ハイブリッドエポキシ樹脂の「プライマー及び鉄筋防錆材」への適用は、本モニタリング結果も含めて、十分な

効果が確認されている。

## 5 おわりに

本稿では、我が社の技術PRとして、塩害対策用コンクリート補修材「ハイブリッドエポキシ樹脂」の概要、また「ひび割れ注入材」や、断面修復工法の「プライマー及び鉄筋防錆材」として使用したモニタリング結果について述べさせていただきました。鉄筋腐食抑制効果については、室内による促進試験で長期的な効果についてのデータを取得済ですが、実際の暴露環境における効果検証データの蓄積を目的に、追跡調査を引き続き実施していく予定です。

「ハイブリッドエポキシ樹脂」は、凍結防止剤の影響により塩害が懸念される橋梁床版補修においても、床板複合防水工法の「浸透系防水材」としての使用実績があり、今後も多様な用途で活用されることを期待しています。