

エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いたコンクリートの防食効果に関する研究

- 気象環境が異なる沖縄ならびに伊豆半島での暴露実験結果 -

東京大学生産技術研究所 ○正会員 星野富夫
 沖縄職業能力開発大学校 正会員 大城 武
 琉球大学 工学部 山田義智
 東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本健人

はじめに

エポキシ樹脂塗装鉄筋は、コンクリートのみでは鉄筋の腐食を防げないような苛酷な塩分環境下に設置される鉄筋コンクリート構造物の最も信頼のおける防食方法として、多くの構造物に適用されている。

本報告では、近年生産されているエポキシ樹脂塗装鉄筋を用いて沖縄県（沖縄県生コンクリート協同組合）で作製した鉄筋コンクリート梁の沖縄（浦添市牧港付近）ならびに気象条件が異なる伊豆半島東海岸（静岡県伊東市富戸：伊豆海洋公園内）での海洋暴露実験を行っている暴露3年（伊豆暴露は3.5年）の結果を報告するものである。

1. 実験概要

実験に用いたコンクリート梁は、図 - 1 に示すような $15 \times 15 \times 53\text{cm}$ の矩形梁を用い、かぶりが 2.5cm と 4.5cm となるように D13 の鉄筋を 4 本埋め込んだものである。この他にもエポキシ樹脂塗装鉄筋に損傷を付与した鉄筋コンクリート梁（ $10 \times 15 \times 120\text{cm}$ ）ならびに曲げ加工した鉄筋コンクリート梁（ $15 \times 20 \times 60\text{cm}$ ）を作製し、暴露実験を行っている。また、鉄筋素材についての暴露実験を各々の環境で行っている。

コンクリートには、普通ポルトランドセメント（R 社製、密度 3.16g/cm^3 、比表面積： $3.260\text{cm}^2/\text{g}$ ）、細骨材は除塩した海砂と砕砂の混合砂（海砂：荒川沖産、密度： 2.64g/cm^3 、吸水率： 1.65% 、粗粒率 2.26 、砕砂：本部産、密度： 2.68g/cm^3 、吸水率： 0.83% 、粗粒率 3.55 ）と最大寸法 20mm の碎石（本部産石灰岩、密度： 2.70g/cm^3 、吸水率： 0.40% ）を用い、水セメント比： 50% 、単位水量： 170kg/m^3 、スランプ： $10 \pm 1\text{cm}$ のコンクリートを用いた。

エポキシ樹脂塗装鉄筋は黒皮鉄筋（SD295A D13）にブラスト処理を施し、黒皮部分を落とした鉄筋に粉体エポキシ樹脂を静電塗装したものをを用いた。これらの鉄筋は、図 - 1 に示すような型枠に 4 本配置してコンクリートに埋め込んだが、エポキシ樹脂塗装鉄筋の場合には、切断した両端の端部に損傷の補修に用いられている補修用エポキシ樹脂を塗布した。

沖縄海洋暴露実験は、1998 年 11 月から浦添市牧港に隣接している養殖場の護岸内において開始した。また、沖縄より搬送した試験体は、12 月に伊豆半島東海岸（静岡県伊東市富戸）の海洋暴露実験場にて暴露を開始した。

2. 実験結果と考察

図 - 2 は、暴露したコンクリート梁の中央部分から切り出し、分析した塩分の分布を示したものである。図中には損傷を付与した鉄筋を用いたコンクリート梁の場合の塩分浸透も示した。沖縄暴露試験体の場合には、暴露期間が 6

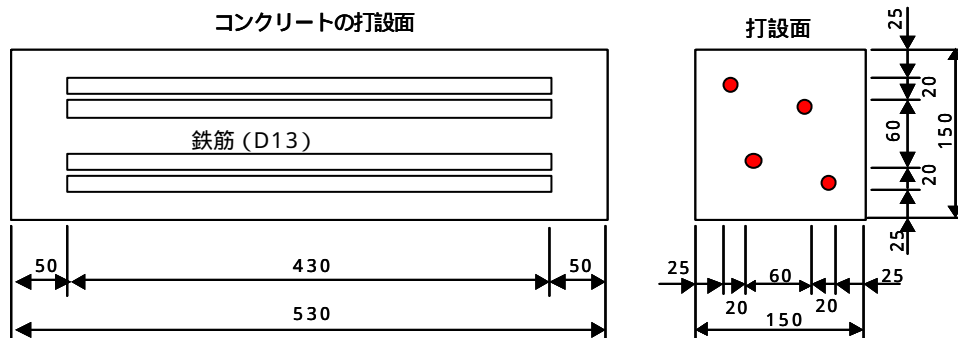


図 - 1 試験体と鉄筋の配置（単位：mm）

キーワード：エポキシ樹脂塗装鉄筋、コンクリート梁、沖縄・伊豆海洋暴露、塩分浸透、腐食

〒153-8505 東京都目黒区駒場 4 - 6 - 1 TEL:03-5452-6391 FAX:03-5452-6392

ヶ月程短いにも関わらず塩分濃度は全体的に高いことが分かる。また、いずれの環境でも下向きに暴露した打設面側の塩分の濃度が高く、海岸線に設置した暴露場であることから、このような傾向を示したものであると思われる。また、沖縄の一ヶ月間の飛来塩分は伊豆地方の飛来塩分の1年間分に相当する場合もあり、このように多くの塩分の浸透が見られたものと思われる。一方、この図から、目標かぶり（2.5cm）の位置の塩分含有率は0.2～0.3%（約）と鉄筋腐食の開始には十分な塩分量が認められる。

写真 - 1 は、沖縄で暴露しているコンクリート梁から取り出した鉄筋の外観を示したものであって、何れも打設面側の目標かぶりが2.5cmの鉄筋を取り出したものである。（a）に示すエポキシ樹脂塗装鉄筋の場合には、腐食は全く認められないばかりか色調も暴露を開始した状態を保っていた。また、この鉄筋コンクリート梁を伊豆に暴露した鉄筋も同様な状態であった。これに対して、黒皮鉄筋の場合には、底面側と打設面側のどちらの鉄筋においても、鉄筋表面積の20%程度の腐食が認められ、特に打設面側の鉄筋のかぶり側では50%以上の腐食が認められた。また、この鉄筋の場合には、断面欠損も認められた。一方、目標かぶりを4.5cmとした鉄筋の場合には、沖縄暴露のものも伊豆に暴露したものでも腐食が全く認められなかった。

写真 - 2 には、鉄筋素材の伊豆海洋暴露場での暴露3年の状態を示したものである。黒皮鉄筋は暴露0.5年時点から激しく腐食し、他の鉄筋へのもらい錆び現象が認められたことから、この枠から外して暴露している。

ここに示すエポキシ樹脂塗装鉄筋には、塗料の付着性状を向上させる処置を施したものも暴露しているが、ピンホールに対応したと思われる位置に若干の腐食が認められるものの大きな変状は認められない。この写真の左端に白く見えるのが垂鉛めっき鉄筋である。この鉄筋の場合には、暴露開始直後から粒状の反応生成物が認められたが、暴露3年時点ではそれらが洗い流され、腐食減量は 400g/m^2 程度であった。また、黒皮鉄筋は、腐食により大きく膨らむとともに鉄筋に添ったひび割れから崩壊したようなものとなっていた。

まとめ

エポキシ樹脂塗装鉄筋をコンクリートに用いた場合には、コンクリート中の塩分濃度の如何に関わらず海洋暴露3年程度では全く変状が認められない。また、素材自身の暴露結果を見ると、この程度の暴露期間では殆ど変状が認められなく、コンクリートの材料に使える状態であった。

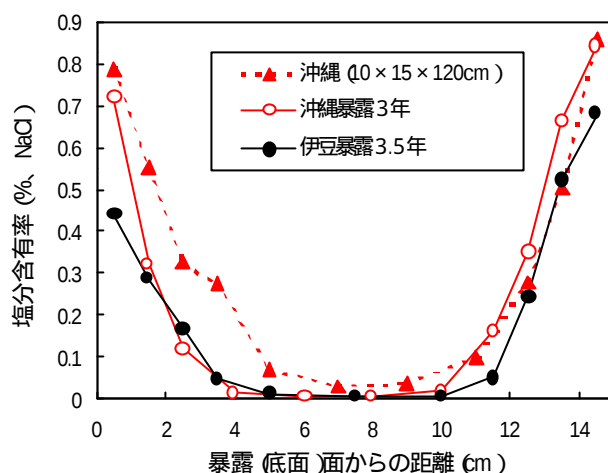


図 - 2 コンクリートへの塩分の浸透



(a) エポキシ樹脂塗装鉄筋



(b) 黒皮鉄筋

写真 - 1 コンクリート中の鉄筋の腐食状態

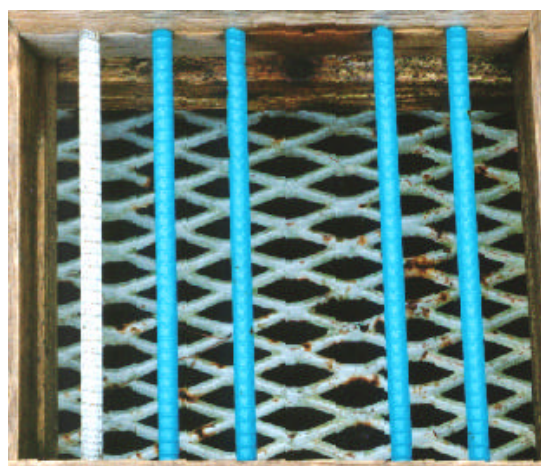


写真 - 2 海洋環境下で素材の暴露試験
（伊豆海洋暴露：3年）