

# 長期間海洋暴露したエポキシ樹脂塗装鉄筋コンクリートの塗膜の性状に関する検討

東京大学生産技術研究所 正会員 ○星野 富夫  
 安治川鉄工(株)技術研究所 上久保 通夫  
 東京大学生産技術研究所 正会員 岸 利治

## 1. はじめに

海洋暴露実験によりエポキシ樹脂塗装鉄筋の防食効果を明らかにするために、かぶりの異なるコンクリートや鉄筋に曲げ加工を施した鉄筋を用いたコンクリート梁などの長期間の海洋暴露実験を行い、鉄筋コンクリートの耐久性を検討したものである。暴露実験は、わが国の腐食環境としては、最も過酷な環境下である沖縄沿岸で行ったものであり、10年間の海洋暴露実験の結果、コンクリート中の鉄筋周辺に発錆限界塩分量(1.2kg/m<sup>3</sup>)の10倍程度の塩化物が浸透している場合でもエポキシ樹脂塗装鉄筋に変状は全く認められなかった。また、鉄筋に曲げ加工を施した試験体においても、欠陥となるような劣化は全く認められなかった。これらの現象を解明するために、本報告では主に塗膜の性状から検討した結果を報告する。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用鉄筋

エポキシ樹脂塗装鉄筋には、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塗料(K社, N社)を静電塗装したものをを用いた。この静電塗装したエポキシ樹脂塗装鉄筋の膜厚、ピンホール、曲げ加工性等の品質は、土木学会規準に適合したものである。

### 2.2 供試体

実験に用いたコンクリート梁は、図-1~2に示すような形状の矩形梁を用いた。

シリーズ1では、鉄筋の素材とかぶりの影響を検討したものであって、図-1に示すような15×15×53cmの矩形梁にかぶりが2.5cmと4.5cmとなるように4本の鉄筋を埋め込んだものである。

シリーズ2では、曲げ加工を施した鉄筋の性状を検討するために、図-2に示すような15×20×60cmの矩形のコンクリート梁を用い、土木学会規準で定める2Φで曲げ加工した2本の鉄筋の端部のかぶりが2.5cmとなるように同種の鉄筋を用いたスターラップ(D6)を用いて鉄筋を固定した。この場合の底面側からのかぶりは3cmと端部のかぶりよりも大きくした。

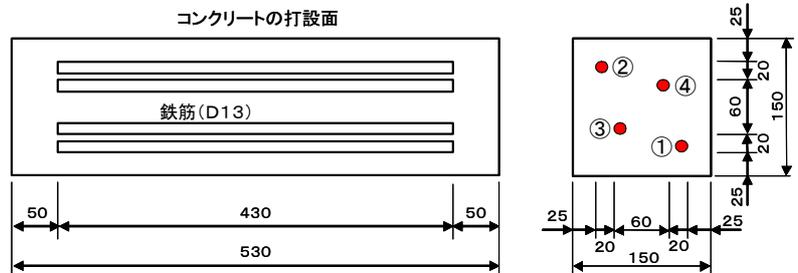


図-1 暴露試験体の形状と寸法(かぶりの検討, 単位: mm)

コンクリートには、沖縄県産の普通ポ

ルトランドセメントを用い、細骨材として密度: 2.64g/cm<sup>3</sup>の海砂と密度: 2.68g/cm<sup>3</sup>の石灰石砕砂を6:4の割合で混合使用した。

粗骨材は最大粗骨材寸法が20mmの石灰石砕砂(密度: 2.70g/cm<sup>3</sup>)を使用した。

コンクリートの基準の配合は、W/C: 0.5, 単位水量: 170kg/m<sup>3</sup>,

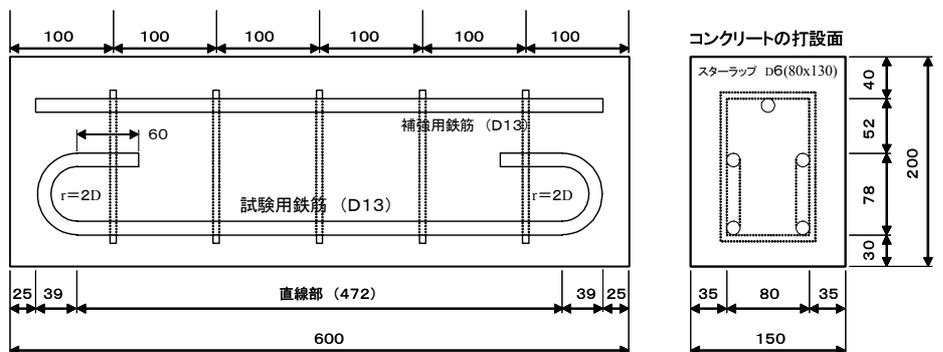


図-2 暴露試験体の形状と寸法(曲げ性状の検討, 単位: mm)

キーワード エポキシ樹脂塗装鉄筋, コンクリート梁, 海洋暴露, エポキシ樹脂塗膜, 劣化性状

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場4丁目6番1号 TEL03-5452-6393

スランプ：10±1cmのコンクリートを用いた。

### 3. 実験結果と考察

写真-1の分析結果は、シリーズ1のかぶりが2.5cmのエポキシ樹脂塗装鉄筋を切り取り、埋め込み樹脂で端面整形した断面のEDXの分析結果である。塗膜部分を中心にしてほぼ0.3mmの範囲について、Cl、Oについてライン分析したものであるが、Cについても比較として分析している。塗膜中のClおよびOの分布は、鉄筋および埋め込み樹脂のベースラインとほぼ同等であり、塗膜中にはClおよびOは殆ど検出されていない。

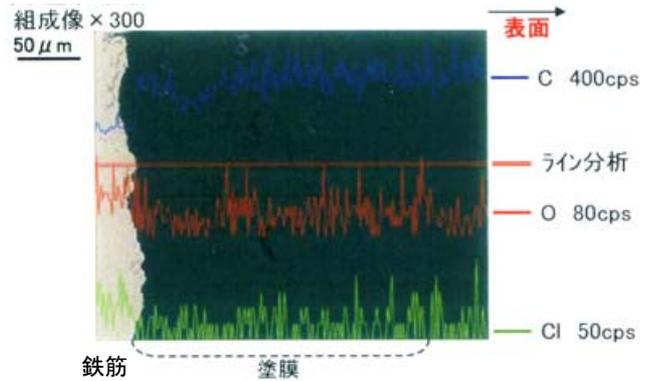


写真-1 塗膜断面のEDX分析結果 (K塗膜)

図-3には、このコンクリート梁から取り出したエポキシ樹脂塗装鉄筋 (NE, KE) の塗膜表面に鋼材適用型ひずみゲージを添付し、引張試験を行った結果を示す。Bは塗装する前の黒皮鉄筋をブラスト処理したものであるが、何れのエポキシ樹脂塗装鉄筋の場合も降伏後も鉄筋の伸びに塗膜のひずみが追随している。

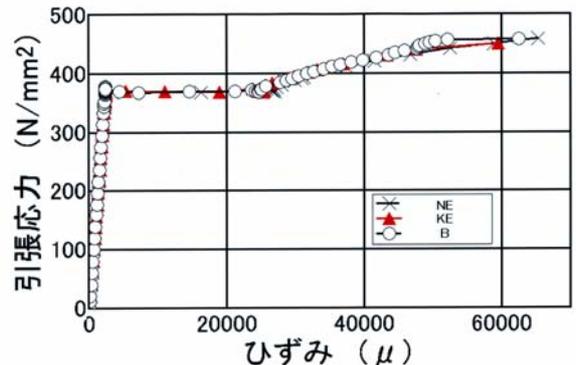


図-3 鉄筋 (塗膜) の応力-ひずみ

写真-2には、曲げ加工して埋め込んだコンクリート梁 (シリーズ2) の端部を割裂して取り出した鉄筋の性状を示す。この曲げ加工したエポキシ樹脂塗装鉄筋

の塗膜表面には、ひび割れの発生や変色などは全く認められず、暴露開始時の様相を保っている。一方、黒皮鉄筋を用いた場合には、断面欠損を伴う全面腐食の状態を呈し、側面のかぶり側のコンクリートにも大きなひび割れが発生していた。この黒皮鉄筋に比し、亜鉛めっき鉄筋の場合には、全面腐食の状態にはなっていないものの非腐食部も白濁と黄褐色した生成物で覆われている。



写真-2 曲げ加工した鉄筋の外観 (暴露10年)

このエポキシ樹脂塗装鉄筋の凸部の中心を切断して EPMA 分析したものが写真-3, 4である。分析元素としてはCl, Ca, Na, C等であるが、界面状態を分かりやすく検討することからCaの写真を示す。曲げ加工により鉄筋に引張りが作用している部分が上側であり、下側が圧縮部分となっている。拡大分析した部分は図示した約1mmの範囲であるが、塗膜表面にはコンクリートから付着したと思われるCaの濃度が若干濃い部分が認められるが、写真-4の左に示す引張りを受けている部分での鉄筋と塗膜の界面では、肌離れ等の欠陥は全く認められない。

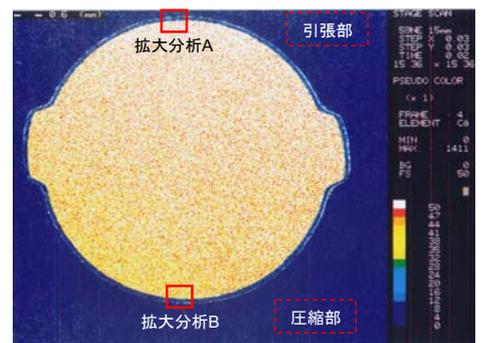


写真-3 曲げ鉄筋のEPMA (Ca)

### 4. まとめ

沖縄の海洋飛沫帯における10年間の海洋暴露実験では、エポキシ樹脂塗膜の物性上の経年劣化も認められなく、曲げ加工した鉄筋でも健全性が確認された。

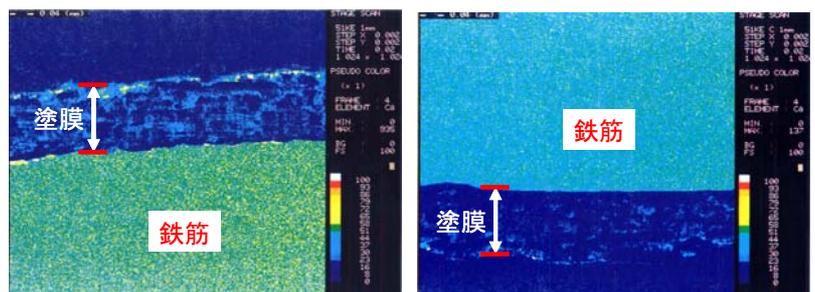


写真-4 塗膜部の拡大分析 (Ca, 左: 引張部, 右: 圧縮部)