

進展期における鉄筋コンクリート中の鉄筋腐食評価

(株) IHI 検査計測 正会員 ○西土 隆幸
 (株) IHI 検査計測 正会員 河野 豊
 (株) IHI 検査計測 郡 亜美
 東京農工大学 生嶋 健司

1. はじめに

1970年代に竣工された橋梁は、その設計寿命である50年を間もなく迎えようとしている。当初、メンテナンスフリーと考えられていた鉄筋コンクリート（以下 RC とする）構造の橋梁は、劣化が顕在化してきている。

RC 構造においては、内部鉄筋の腐食による劣化が問題となっている。鉄筋が腐食すると、腐食膨張によりコンクリートにひび割れが生じる。このひび割れが表面まで進展すると、コンクリートの剥落等の事故が引き起こる。

コンクリート内の鋼材の腐食評価に関しては、土木学会「2013年度制定コンクリート標準示方書[維持管理編]」¹⁾の中で、各劣化過程を4つのグレードで定義している。この定義を表1に示す。潜伏期、進展期、加速期、劣化期と定義されている中で、ひび割れが発生する前の進展期における腐食生成物の量や性質に関する既往の研究は少ない。

本報告では、進展期におけるコンクリート中の鉄筋について、断面観察および種々の分析を行った結果を報告する。

2. 試験内容

2.1 試験体

試験体は、寸法 100×100×150mm のキューブ状のコンクリートの中心に、長さ 180mm の異径鉄筋 SD345 を配置したものをを用いた。試験体概要図を図1に示す。

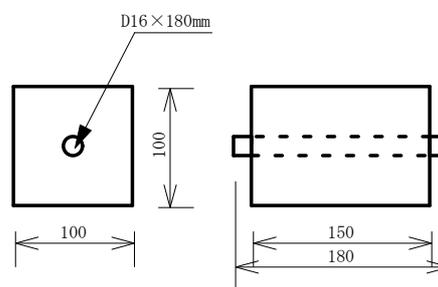


図1 鉄筋腐食用試験体

進展期の鉄筋を再現するために、試験体の鉄筋に直流電流を流し腐食させた。陽極が鉄筋であり、陰極は、コンクリート表面の塩水をしみこませたスポンジ上の銅板である。その様子を図2に示す。



図2 鉄筋腐食方法

表1 塩害による各劣化過程の定義¹⁾

劣化過程	定義	期間を決定する主要因
潜伏期	鋼材の腐食が開始するまでの期間	塩化物イオンの拡散、初期含有塩化物イオン濃度
進展期	鋼材の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間	鋼材の腐食速度
加速期	腐食ひび割れ発生により腐食速度が増大する期間	ひび割れを有する場合の鋼材の腐食速度
劣化期	腐食量の増加により耐力の低下が顕著な期間	

2.2 試験体の分析

分析は以下の内容を行った。

- (1) 進展期の腐食生成物の厚さと比較するために、コンクリートに埋め込む前の鉄筋表層部を光学顕微鏡により観察した。
- (2) 進展期における鉄筋コンクリートについて、周方向と軸方向の断面観察を行い、腐食生成物の厚さを評価した。
- (3) 進展期の腐食生成物を採取し、X線回折により定性分析した。

2.3 分析結果

図3に鉄筋の軸方向の断面観察写真を示す。観察箇所は、図3の上部に指示する6点である。この観察結果から、コンクリート中に埋め込む鉄筋表面には、およそ20~30μmの黒皮があることがわかった。

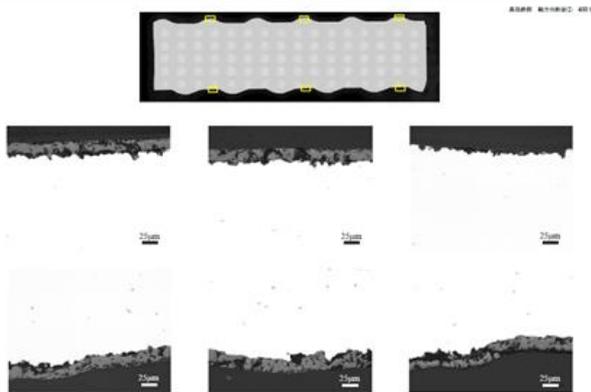


図3 異形鉄筋断面の観察写真

図4に、進展期における鉄筋コンクリートの周方向の断面観察写真を示す。図4に示す箇所の腐食生成物の厚みは、約200μmである。今回観察した箇所の結果を総括すると、進展期における腐食生成物の厚さはおおむね30~数100μmであることがわかった。また、図4から腐食生成物は黒皮の下に生成していることがわかった。

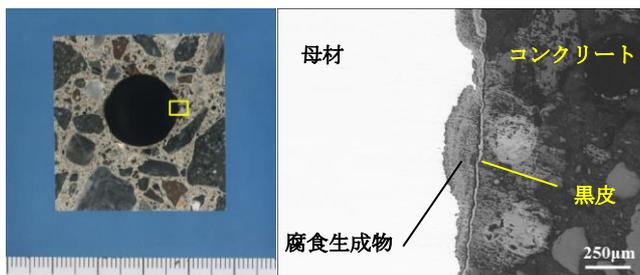


図4 鉄筋コンクリート腐食断面を観察写真

図5に、進展期におけるコンクリート中の腐食生成物のX線回折結果を示す。腐食生成物の主な成分は、Fe₃O₄、FeOおよびγ-Fe₂O₄であった。塩化物を含んだコンクリート中において、生成されるのはFe₃O₄とされている²⁾。また、剥離やひび割れによる鉄筋の露出部に生成されると言われるγ-FeOOH²⁾は、検出されなかった。これらのことから、本試験体は進展期の鉄筋状態を再現できたと考える。SiO₂やCaのピークも見られるが、これはコンクリートの成分である。本分析に用いたサンプルは、コンクリートを割って鉄筋を取り出し、表層部にある腐食生成物を掻き落として採取している。そのため、鉄筋表面に付着していたコンクリート片が混入し、これらのピークが検出された。

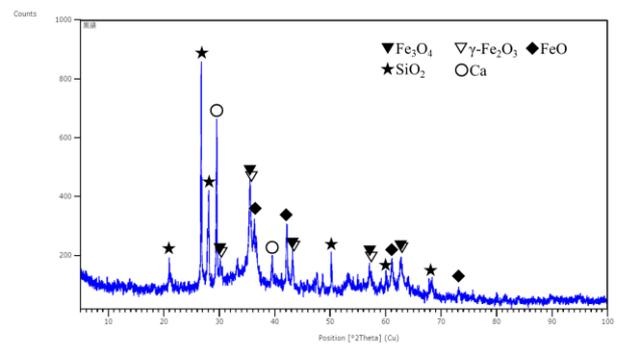


図5 X線回折結果

3. 結論

進展期を再現した試験体を作製し、進展期におけるコンクリート中の鉄筋腐食生成物の量や性質を調査した。

健全な鉄筋は、およそ20~30μmの黒皮で覆われており、進展期においても、その状態のまま残っていることがわかった。また、腐食生成物は黒皮の下にでき、腐食生成物の厚みはおおよそ30~数100μmであることがわかった。

進展期におけるコンクリート中の腐食生成物の成分は、Fe₃O₄、FeOおよびγ-Fe₂O₄であることがわかった。

4. 参考文献

- 1) 土木学会「2013年度制定コンクリート標準示方書[維持管理編]」
- 2) 日本コンクリート工学協会「コンクリート診断技術'01[基礎編]」