

## ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液と鉄粉を利用した 鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度の設定に関する基礎的実験

木更津工業高等専門学校 正会員 ○青木 優介  
同上 専攻科 増田 洋介

### 1. はじめに

著者らは、既設コンクリート構造物における鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度（以降、 $C_{lim}$ と称す）を設定するための方法として、鉄粉散布法なる方法の確立に取り組んできた<sup>1)</sup>。本方法の基本的な流れを図-1に示すが、これまでの方法では、鉄粉の発錆が確認されるまでに数日以上の時間を要することや、鉄粉の発錆が不安定になるなどの問題が生じてきた。今回、鉄イオンの検出に用いられるヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液（以降、ヘキサ水溶液と称す）を本方法に利用することで、これらの問題を解決できる可能性を見出すことができた。

### 2. 従来の鉄粉散布法の問題点とヘキサ溶液への着目

従来の鉄粉散布法を用いた既設コンクリート中の  $C_{lim}$  の設定の流れを図-1<sup>1)</sup>に示す。なお、ここで用いている鉄粉は粉末冶金用の還元鉄粉である。

本方法にとって重要なことは、コア切断面に散布した鉄粉の腐食発生を早く、明確に確認することである。これまでの方法では、鉄粉の腐食発生を赤錆の発生にて確認してきた。しかし、鉄粉に赤錆が発生するまでにはコア切断片への事前の吸水作業も含めて数日以上を要する。また、実験を重ねるにつれ、十分な量の塩化物イオンが含まれているコアでありながら、鉄粉に赤錆が発生しないケースが少なからず現れることも確認された。これらの問題は、コア切断面のアルカリ濃度の高さや水分状態の不安定さに起因していると考えられるが、これまでの方法に変わる鉄粉の腐食発生の確認方法が必要と考えられた。

ここで著者らが着目したのが、鉄イオンの検出に用いられているヘキサ水溶液である。図-2に示すのは、濃度3%の塩水を含ませたろ紙の上に鉄粉を散布し、直後に濃度2%のヘキサ溶液（黄色）を噴霧した様子と、それを密封容器内においた1時間後の様子である。実験中の温度は25℃である。ヘキサ溶液の噴霧直後から鉄粉周辺には鉄イオンの溶解を示す青色の沈殿が現れ始め、1時間後にはそれがより明瞭となっている。この反応の速さ、明瞭さを利用すれば、鉄粉表面の不動態皮膜が塩化物イオンにより破壊され、鉄イオンが溶解しはじめる時点を早く、明確に確認できると考えられた。なお、この方法では、鉄粉の腐食開始の確認を「不動態皮膜の破壊による鉄イオンの溶解」で行うことになる。

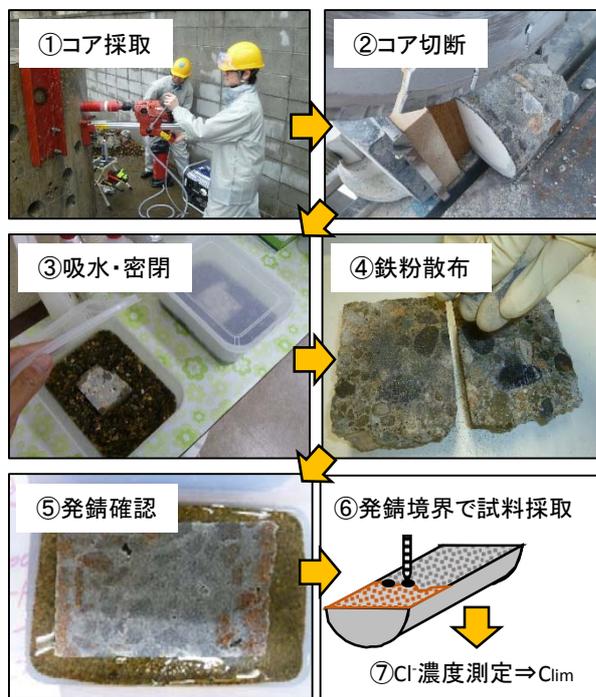


図-1 従来の鉄粉散布法を用いた  $C_{lim}$  設定の流れ（想定）<sup>1)</sup>

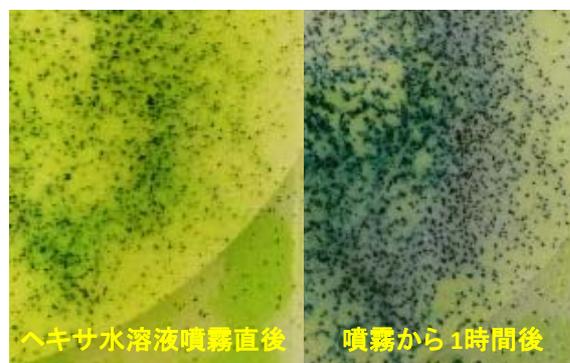


図-2 ヘキサ水溶液と鉄粉の反応

キーワード 鉄粉散布法, ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム, 塩害

連絡先 〒292-0041 千葉県木更津市清見台東 2-11-1 木更津高専環境都市工学科 TEL 0438-30-4155

### 3. ヘキサ溶液を利用した鉄粉散布法

ヘキサ溶液を利用した鉄粉散布法の流れについて図-3に示す。なお、既設コンクリートからコアを採取し、切断するまでは図-1と共通するため、図-3ではそれら以降の作業の流れを示している。ここに用いているコア切断片は凍結防止剤が散布されていたPC橋（撤去済み）の地覆部より採取されたものであり、①～⑥の写真を通じて切断片の下側が供用時の暴露面であった。

図-3より、コア切断からの実験時間が概ね1時間程度にまで短縮されているといえる。本方法ではコア切断片への事前の吸水作業が必要とされず、鉄粉の腐食発生の確認（青色沈殿の発生）もヘキサ水溶液噴霧から30分程度で可能になるため、これが実現されたといえる。

また、鉄粉の腐食発生の確認も問題ないといえる。図-4中の左の写真は図-3中の⑥の写真を拡大したものであり、右の写真はその対となるコア切断片で同様に実験した様子である。双方ともに鉄粉から青色沈殿が現れている境界を明確に確認できる。また、対となるコア切断片どうしにてほぼ同等の位置に青色沈殿の境界が現れていることから、結果の再現性も有していると考えられる。

なお、図-3中の③の写真において、コア切断面上に薄い紙をかぶせ、ヘキサ溶液の噴霧後に現れる青色沈殿を紙の裏側に移しとっている。鉄粉から現れる青色沈殿は、コンクリートの地色との識別が付きにくく、このような方法を採らざるを得ないと考えられる。

### 4. まとめと今後の課題

今回、鉄イオンの検出に用いられているヘキサ水溶液を利用することにより、これまでの鉄粉散布法が抱えていた実験時間の長さ、結果の不安定さの問題を解決できる可能性を見出すことができた。

今後の課題は、この方法の実用性を実証することにあると考えている。すなわち、青色沈殿が現れる境界と実際の鋼材の腐食との関係を明らかにすることや、青色沈殿が現れる境界位置の塩化物イオン濃度を明らかにすることなどが必要だと考えている。

#### 謝辞

本研究に用いた鉄粉はJFEスチール株式会社様に提供いただきました。また、一部の供試体は独立研究開発法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター様に提供いただきました。深く感謝いたします。

本研究は、科学技術振興機構研究成果展開事業研究成果最適展開プログラム（A-STEP）（プロジェクトコード：0416）、日本学術振興会科学研究費助成（課題番号：26020444）の支援を受けて行われています。

#### 参考文献

- 1) 青木優介, 穴井啓太, 高橋諒, 菅原隆: 鉄粉散布法を用いた既設コンクリート中の鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度設定のための基礎的検討, コンクリート工学年次論文集, 第37巻, No.1, pp.1723-1728, 2015.7

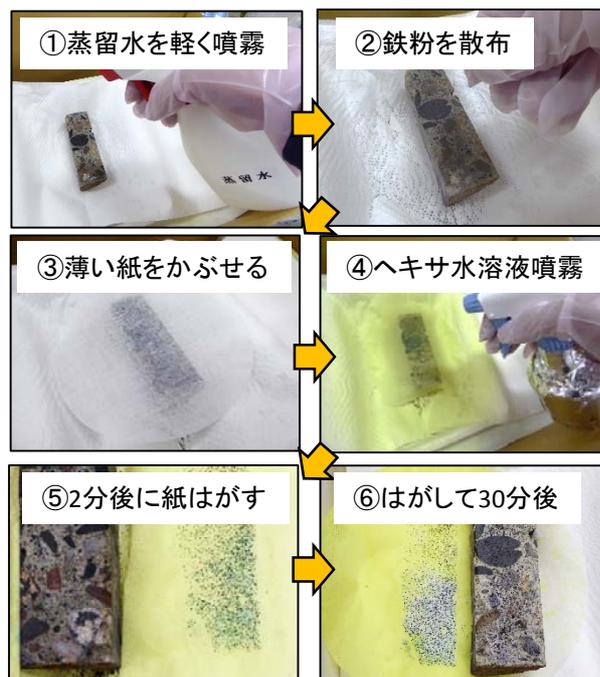


図-3 ヘキサ溶液を利用した鉄粉散布法の流れ



図-4 青色沈殿の境界の様子