

塩分吸着剤による鋼構造物防食塗装塗替え時の塩分除去検討

ショーボンド建設(株) 正会員 ○黒川 公人
 ショーボンド建設(株) 正会員 三村 典正
 ショーボンド建設(株) 正会員 山崎 大輔

1. はじめに

鋼構造物の防食塗装塗替えの際、鋼材面に塩化物イオンが残留していると、鋼材の腐食を促進し、防食塗膜の早期劣化を引き起こすことが知られている。鋼材素地と固着した錆の層の境界に局所的な塩化物イオンの濃縮が見られる箇所を塩化物イオンネストと呼び、ブラスト処理等の物理的な処理方法では完全には除去できない¹⁾。塩化物イオンネストは塩化物イオンや β -FeOOH(アカガネイト)等で構成される。 β -FeOOHは水に不溶であるため、水洗での除去は難しい。 β -FeOOHの結晶構造モデルを図-1に示す。 β -FeOOHは筒状の結晶構造のトンネル部分に塩化物イオンを抱えることで安定化するため、塩化物イオン存在下でのみ生成し、その濃度に依存して増加する³⁾。本検討では、鋼材面に残存する塩化物イオンの除去方法として、塩分吸着剤を用いた化学的な処理の有効性を確認した。

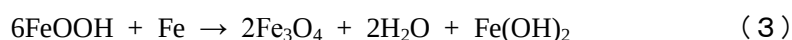
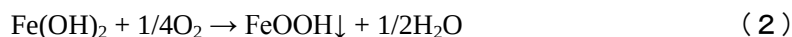
図-1 β -FeOOHの結晶構造モデル²⁾

2. 塩化物イオンと鋼材の腐食の関係

鉄が水と接触すると、その界面では鉄の溶出反応と、それに伴い発生した電子を消費する反応が同時に進行し、鉄を腐食させる(式(1))。この時、鋼材面に残存する可溶性の塩化物イオンが水に溶解すると、水のイオン伝導率が高くなり鉄の腐食反応が促進される。

水に十分な酸素が溶存している場合、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ が酸化し、水に不溶な FeOOH となり沈殿する(式(2))。 FeOOH はわずかな水の存在下でも式(3)の反応を起こし腐食を促進させる。この反応の際、 FeOOH は式(1)の酸素と同様酸化剤として働く⁴⁾。すなわち、鋼材面に FeOOH が残存していると、防食塗膜により酸素の侵入を遮断した状態でも FeOOH が酸素の代わりに働き腐食が発生する可能性がある。 FeOOH には α 型、 β 型、 γ 型等があるが、 β -FeOOHは熱力学的に不安定であるため、式(3)の反応を特に起こしやすい。また、 β -FeOOHはひび割れを含む多孔性で保護性に乏しい錆の層を形成する⁴⁾ため、腐食反応に必要な酸素や水を通しやすい。

以上より、鋼構造物の防食塗装塗替えの際、鉄の腐食反応を抑制し、防食塗膜の早期劣化を防止するためには、鋼材面に残存する可溶性の塩化物イオンのみならず β -FeOOHを除去する必要があると考えられる。



3. 塩分吸着剤の特長

鋼橋では、支承周辺等の狭あい部やフランジ下面が腐食しやすい。また、それらの箇所はブラスト処理が施しにくい。フランジ下面の早期劣化状況を写真-1に示す。本検討では、塩分吸着剤として β -FeOOH等の錆を分解する成分と可溶性の塩化物イオンを吸着する成分が混合された水溶性の粘調性液体を使用した。対象箇所に塗布、養生後水洗処理を施すことで鋼材面に残存する塩化物イオンを除去する。

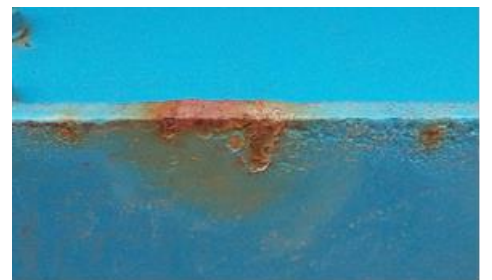


写真-1 フランジ下面の早期劣化状況

キーワード 塩害、鋼材腐食、塩分吸着剤、固着塩分、アカガネイト、塗替え塗装

連絡先 〒305-0003 茨城県つくば市桜1丁目17番 ショーボンド建設(株) TEL 029-857-8101

4. 塩分吸着剤による β -FeOOH の除去効果確認

鋼材面に残存する塩化物イオン量を測定する方法としてガーゼ拭き取り法、電導度法等が定められているが、可溶性の塩化物イオンが対象であり、 β -FeOOH に取り込まれた塩化物イオンを検出することは難しい。そこで、X 線回折装置を用いた粉末 X 線回折測定により β -FeOOH を含有する腐食供試体を選定し、評価を実施した。東京湾沿岸の工場で購入した腐食供試体の外観を写真-2に、測定結果を図-2に示す。測定結果は回折角 12° 付近(図中●)、 26° 付近(図中▲)、 35° 付近(図中■)に目立ったピークが見られ、 β -FeOOH のピークとよく一致していた。また、他の成分由来のピークは確認されなかった。したがって、腐食供試体はほぼ β -FeOOH で構成されていると考えられる。



写真-2 腐食供試体の外観

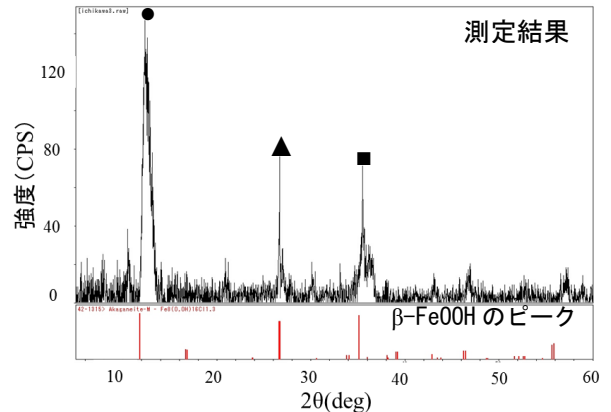


図-2 腐食供試体の粉末 X 線回折測定結果

$30 \times 60 \times 10 \text{ mm}$ の腐食供試体の重量を測定した後、塩分吸着剤を 1.0 kg/m^2 塗布した。24 時間養生後、塩分吸着剤を水拭きで除去し、腐食供試体の重量を測定した。塩分吸着剤塗布後は塗布前と比較して重量が 0.6 g 減少した ($57.8 \text{ g} \rightarrow 57.2 \text{ g}$)。水中置換法により測定した腐食供試体の密度は 3.97 g/cm^3 であり、密度と減少した重量から除去できた錆の厚さを算出すると約 0.1 mm であった。以上より、塩分吸着剤は β -FeOOH の除去効果を有し、一度に除去できる β -FeOOH 層の厚さは約 0.1 mm であった。

5. 塩分吸着剤による除錆効果および可溶性の塩化物イオンの除去効果確認

SS400 の鋼板 (厚さ 2.3 mm) に 35°C 条件下で $5\% \text{ NaCl}$ 水溶液を 14 日間噴霧して腐食供試体を作製し、 $50 \times 50 \text{ mm}$ に切断した。そこに塩分吸着剤を 1.0 kg/m^2 塗布し、24 時間後に水拭きで除去した後、除錆効果の目視確認および表面塩分計を用いた電導度法による残存塩化物イオン量の測定を行った。結果を表-1に示す。塩分吸着剤による処理を施した腐食供試体は錆、塩化物イオン量共に流水洗浄の場合と比較して減少した。したがって、塩分吸着剤は除錆効果および可溶性の塩化物イオンの除去効果を有すると考えられる。

表-1 塩分吸着剤の性能評価結果

残存塩化物イオン量	
流水洗浄	塩分吸着剤処理
318 mg/m^2	34 mg/m^2
	

6. まとめ

本検討で使用した塩分吸着剤は β -FeOOH 等の錆を分解する効果および可溶性の塩化物イオンを除去する効果がある。ただし、一度に除去できる β -FeOOH 層の厚さは 0.1 mm 程度であった。以上より、塩分吸着剤を用いた化学的処理により、ブラスト処理等の物理的な処理方法で除去しきれない塩化物イオンを除去できる可能性を見出した。

参考文献

- 1) 貝沼重信：鋼道路橋における腐食損傷事例とその対策の課題と留意点，公益社団法人 土木学会，第 30 回 鋼構造物基礎講座－鋼構造物（鋼橋）の防食設計と防食技術－，p.18，2015.12
- 2) 金貞辰ほか：鉄微粉末混入によるモルタル中の鉄筋の腐食抑制メカニズムに関する研究，公益社団法人 日本コンクリート工学会，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，p.1040，2006.7
- 3) 田中誠：鋼構造物の塗装の寿命とは，(財) 鉄道総合技術研究所，RRR，1991.9 号，pp.9-14，1991.9
- 4) 井上博之：海水・塩水・さびー塩分があると金属はどうしてさびやすいのか？ー，公益財団法人 ソルト・サイエンス研究財団，ソルト・サイエンス・シンポジウム 2012 講演要旨，pp.1-4，2012.10