

I - A 358

安定さび生成促進処理技術の耐候性鋼橋への適用に関する研究（その5） －ウェザークト処理の長期暴露試験結果－

住友金属工業総合技術研究所
住友金属工業大阪本社

正会員 岸川 浩史, 幸 英昭 鹿島 和幸
正会員 原 修一

1. まえがき

耐候性鋼は、大気腐食環境下で、その表面に保護性のさび層を形成する自己防食性を有した低合金鋼としてよく知られている。1970年代以降、この保護さび層の主体は、2層構造の内層に生じる非晶質さび層であると考えられてきたが、四半世紀以上の長期大気暴露試験に基づいた最近の研究成果により、この安定な内層の保護さび層は、Cr置換微細ゲーサイトが主体となっていることが明らかにされた^{1) - 3)}。ゲーサイトが最終的な保護さびの主体となることは、その後、日本最古の耐候性鋼橋梁の調査⁴⁾や米国における長期暴露試験⁵⁾により追認されている。

一方、耐候性鋼はメンテナンスフリーあるいはミニマム構造用材料として注目されてきているが、最終安定さび層の自然形成に長期間を要することや塩分飛来環境では安定化しないことが、実用上の問題である。これらの課題を解決する技術として、最終安定さび層に関する上記知見を活用し、安定さび生成促進処理（ウェザークト処理、以下WA処理と略す）技術を開発した^{6) - 8)}。本報では、ウェザークト処理を新潟県上越市（直江津）及び兵庫県尼崎市で5年間暴露した結果について報告する。

2. 安定さび生成促進処理技術

Cr置換ゲーサイトを人工的に生成させる方法について検討の結果、硫酸クロムが、鋼表面上に存在すると、クロム置換ゲーサイトの早期育成が可能なることを見いだした^{7) 8)}。この知見を基に、安定さび生成促進処理であるWA処理を開発した。硫酸クロムの役割を図1に示す。

ゲーサイトは、純粋な結晶状態では、針状の粗大な結晶となるが、クロムが鉄の一部を置換することにより微細で緻密なさびを形成する。この微細で緻密なさびが保護性のさびとなる。耐候性鋼の表面で形成された保護性さびとWA処理により生成されたさびが同程度に微細であることは、電子顕微鏡観察により確認されている（図2）。

鋼材上に、保護さび生成に有効な硫酸クロムを固定するため、ビニルブチラル樹脂に、硫酸クロムを数%含有させた処理剤を、耐候性鋼材に、乾燥膜厚で15～20μm被覆するのが、WA処理技術である。

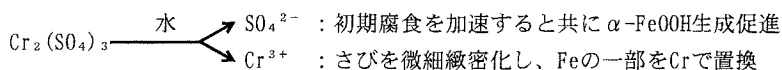


図1. 硫酸クロムの働き



図2. 人工生成ゲーサイト及び無塗装耐候性鋼、WA処理によるさびの比較

キーワード：耐候性鋼、橋梁、安定さび促進、大気腐食、耐海塩粒子性
〒660-0891 尼崎市扶桑町1-8, 住友金属工業総合技術研究所, TEL06-6489-5724 Fax06-6489-5791

3. WA処理材の曝露試験結果

耐候性鋼（SMA: JIS G 3114）表面をブラストにより除錆後、乾燥膜厚で $5\mu\text{m}$ 及び $15\mu\text{m}$ になるようにWA処理を行い、兵庫県尼崎市（海岸から5km）および新潟県上越市（海岸より100m）に南向き 30° 傾斜で、暴露した。暴露場所の飛来塩分量は、上越市 $0.4\text{mdd}(\text{mg}\cdot\text{NaCl}/\text{dm}^2/\text{day})$ 、尼崎市 0.01mdd である。

暴露により、鋼材表面（処理膜下との界面）に生成したさびについて、経時的に断面を偏光顕微鏡で観察した。その結果、さび生成の初期は、ゲーサイト構造のさびが部分的に団子状に成長していき、経時的に連続被膜に成長していくことが判明した。この過程において、処理膜ピンホール部より鉄イオンの流出も発生し、最表面は $\gamma\text{-FeOOH}$ 主体のさびが表面に析出する。しかし、このさびの外観は、耐候性鋼表面に生じる外層さびと同じく黒褐色を呈し、赤さびとはならない。5年後、樹脂膜が劣化した状態においては、裸耐候性鋼の曝露材と同じように、外層に $\gamma\text{-FeOOH}$ 、内層に $\alpha\text{-FeOOH}$ の層を形成し、その層間にまばらに樹脂被膜が残存した形態をとる。そのプロセスを模式的に図3に示す。

また、界面に生成する安定さびの被覆率の経時変化を図4に示す。さび被覆率は、経時的に上昇するが、腐食環境が厳しいほど（直江津＞尼崎）、また、処理膜厚が薄いほど（ $5\mu\text{m}$ ＞ $15\mu\text{m}$ ）、安定さび生成が早くなる。但し、処理膜が薄い場合、初期に表面に析出する $\gamma\text{-FeOOH}$ が赤さび形態となり外観を損なうため、処理膜厚としては $15\mu\text{m}$ 以上が必要である。

さらに、5年間曝露したサンプルについてE PMA分析を実施した。内層に形成されたゲーサイト構造のさびの部分にCrの濃縮が認められ、また、大半の塩素は、表面あるいは、外層さびで侵入が防止されていることが、判明した。本技術は、既に日本各地の橋梁で適用されているが、尼崎と上越市という異なる飛来塩分環境で保護性のさびの形成が確認されたことから、さらなる適用の拡大が期待される。

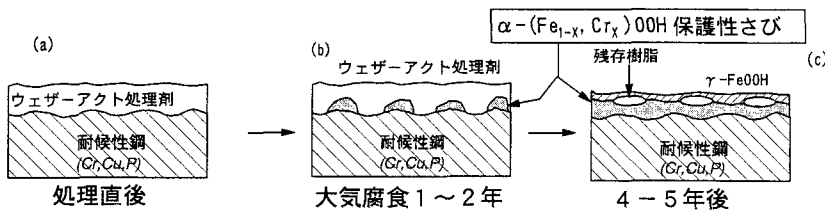


図3 保護さび層の生成プロセス

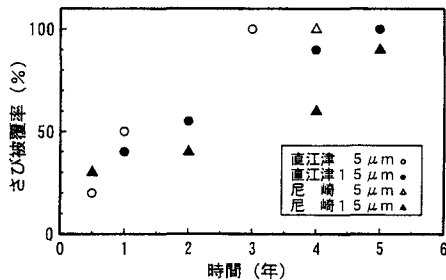


図4 安定さび被覆率の経時変化

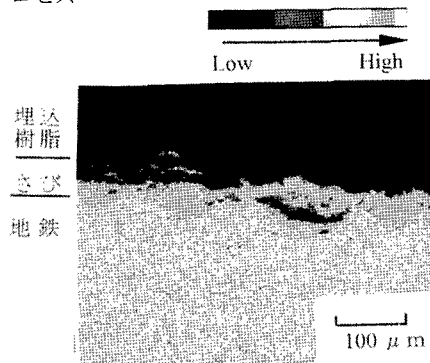


図5 断面E PMA観察結果 (Cr)

- 1) 三沢俊平, 山下正人, 松田恭司, 幸英昭, 長野博夫: 鉄と鋼, 79, (1993) 69.
- 2) 山下正人, 幸英昭, 長野博夫, 三沢俊平: 材料と環境, 43, (1994) 26.
- 3) M. Yamashita, H. Miyuki, Y. Matsuda, H. Nagano and T. Misawa: Corros. Sci., 36, (1994) 283.
- 4) 塩田和彦, 木村光男, 片岡義弘, 谷本亘, 山本公, 栗栖孝雄: 腐食防食'95講演集, (1995) 391.
- 5) M. Yamashita, H. Nagano, T. Misawa and H. E. Townsend: ISIJ International, (1996) 285.
- 6) 8) 山下正人他, 安定さび生成促進技術の適用に関する研究(その1～3) 第52回土木学会年次学術講演会概要集(1997)