

修士学位論文要約（令和4年3月）

化学イメージセンサによる 塗膜下鋼材表面の腐食挙動解析

松下 貫汰

指導教員: 吉信 達夫, 研究指導教員: 宮本 浩一郎

Analysis of the Corrosion Behavior of Coated Steel Surfaces by a Chemical Image Sensor

Kanta MATSUSHITA

Supervisor: Tatsuo YOSHINOBU, Research Advisor: Koichiro MIYAMOTO

Anticorrosion coating of metal is widely used in real life because it is inexpensive and does not spoil the appearance. In order to protect steel structures for a long period of time, it is necessary to apply several kinds of coatings, such as anticorrosion base, under coat, middle coat, and top coat, to maintain the desired function of the entire coating film. Zinc-rich paint, which has excellent corrosion protection performance due to sacrificial corrosion protection, is widely used as an anticorrosion base, and many studies have been made on its corrosion protection mechanism. However, most of them have been studied when zinc-rich paint is used alone, and the mechanism of swelling in a coated steel material containing zinc-rich paint has scarcely been investigated. Therefore, the effect of zinc-rich paint on the occurrence of swelling is not known.

In this study, in order to elucidate the mechanism of corrosion under the coating film in the coating system including zinc-rich paint, we measured the pH change on the surface of steel with an insulating top coat on zinc rich paint.

1. はじめに

安価で外観を損なうことのない塗装は実生活において幅広く用いられている。防食性能を高めるために、防食下地、下塗り塗料、中塗り塗料、上塗り塗料のように、数種類の塗料を塗り重ね用いられている。素地の鋼材に最も近い防食下地には、犠牲防食作用により優れた防食性を有するジンクリッチペイントが幅広く用いられおり、その防食作用について広く検討されてきた。しかし、その多くはジンクリッチペイントのみを用いた際の検討であり、ジンクリッチペイントを含む塗装系を施した鋼材での塗膜膨れ機構についてはほとんどわかっていない。本研究は、ジンクリッチペイントを含む塗装系における塗膜下腐食の発生機構の解明につなげることを目的とし、塗膜下鋼材表面の pH 変化測定を行った。

2. 原理

本研究では、pH 変化測定のために LAPS と呼ばれる半導体化学センサを用いた。LAPS は図 1 のように、電解質溶液、絶縁層、半導体の EIS 構造からなる。電解質溶液中の参照電極とセンサ基板の間にバイアス電圧を印加すると、それに応じ空乏層容量が変化し、外部回路に流れる電流が変化するため、図 2 のような I-V 曲線を得ることができる。さらに、この曲線は変調光

照射箇所上の溶液の pH に応じシフトするため、外部回路に流れる電流の変化から pH 変化を測定することができる。さらに変調光を二次元平面で走査することにより、pH 変化を二次元イメージングすることができる。

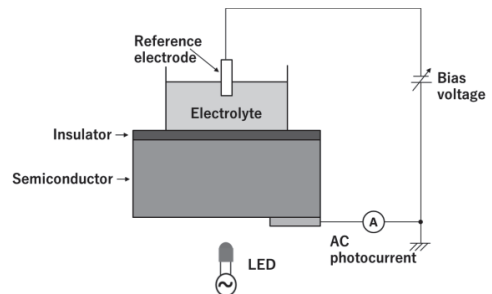


図1 LAPS の模式図

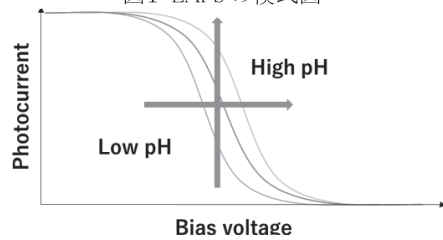


図2 I-V 曲線

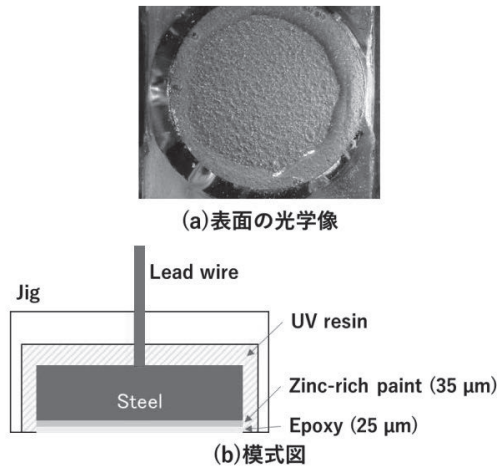


図3.測定試料

3. 測定系と測定方法

本測定では研究室で開発した LAPS と併用できるポテンショタット回路[1]を用い、定電位分極中の試料表面の pH 測定を行った。測定用の試験片には厚さ 3 mm の鋼材に対し、無機ジンクリッチペイントを 35 μm 塗装し、その上に 25 μm の絶縁上塗りを使用したものを用意した。この試験片を円盤状に切り出し、測定試料を作製した(図 3)分極電位は-0.4 V(vs. Ag/AgCl)、分極時間は 12 時間として測定を行った。測定溶液には 5% NaCl 溶液を用い、イオンの拡散抑制のために寒天粉末を添加した。

4. 測定結果

測定開始から2時間後までの pH 変化量分布を図 4 に示す (pH 変化量は 10 分間隔での変化量を示している)。分極開始から試料左側で pH が低下し始めていることがわかる。また、40 分-30 分および 50 分-40 分では、試料の左下の領域でも pH の低下が起きており、以降の時間帯ではこれら 2 つの領域から拡散する様に pH が低下していることが分かる。測定終了後の試料表面の光学像を図 5 に示す。試料表面には複数の塗膜膨れが発生しており、図 4 と図 5 を比較すると、2つの pH 低下領域で塗膜膨れが発生していることがわかる。このことから、塗膜膨れの発生よりも非常に早い段階で、その位置においてアノード反応が活性化していたと考えられる。

5. まとめ

本研究では、ジンクリッチペイントを含む塗装系を施した鋼材に対し、塗膜下腐食の発生・進行段階での pH 変換量分布測定を試みた。結果としては、塗膜膨れの発生位置での pH の上昇を観測することができた。今後の展望として、塗膜膨れ内部の pH 測定が挙げられる。ジンクリッチペイント塗装下において、塗膜内部の状態は完全には解明されていない。その

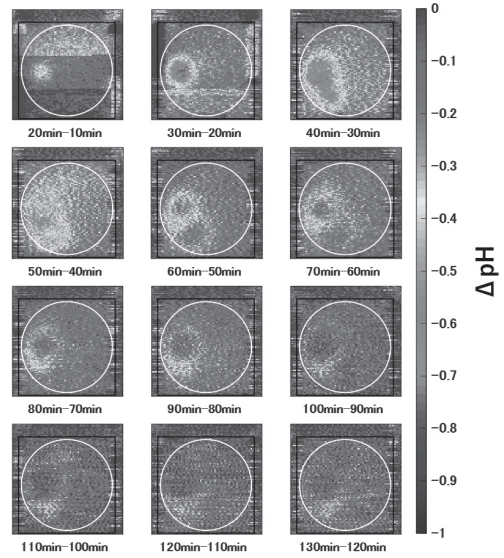


図4.pH 変換量分布



図5. 測定後の表面の光学像

ため、LAPS による塗膜膨れ内部の pH 測定は、塗膜下腐食のメカニズムの解明の糸口になると期待される。

文献

[1] 大嶋宏暢, 「すきま腐食の発生・進展および再不働態化の化学イメージセンサによるその場観察」, 東北大学大学院工学研究科, 修士学位論文 (2021)