

携帯性と適用性を向上させた塗膜劣化診断システム

Paint Film Degradation Analysis System with Improved Portability and Versatility

竹内 文章 伊藤 光二郎 平手 利昌

■ TAKEUCHI Fumiaki

■ ITO Kojiro

■ HIRATE Toshiaki

塗膜劣化診断システムは、塗膜のインピーダンスを測定することにより、屋外に設置された電気機器や構造物の塗膜の劣化兆候を早期に検出し、診断するシステムである。高所や狭所での測定、高性能塗料への対応など、適用範囲の拡大に伴い、収集した解析・診断データの活用性の改善などのニーズがでてきた。

東芝は、これに応えるために、携帯性と適用性を向上させた塗膜劣化診断システムを開発した。このシステムでは、測定部を携帯端末ベースとすることで現場での携帯性を改善し、インピーダンスの測定範囲を拡大することで塗料の適用性を広げた。また、解析・診断部をウェブシステム化することで解析・診断データの活用性を向上させた。

Paint film degradation analysis systems detect the degradation symptoms of paint film on electrical equipment or structures installed outdoors at an early stage by measuring the impedance of the paint film.

Toshiba has developed a paint film degradation analysis system with improved portability and versatility that allows paint film to be evaluated in higher and narrower places, and is also capable of measuring high-performance paint films. This system consists of a measuring section that uses a personal digital assistant (PDA) for improved portability and expands the measurement range of impedance for greater versatility, as well as an analysis and diagnosis section that displays the results via Web browser for enhanced availability.

1 まえがき

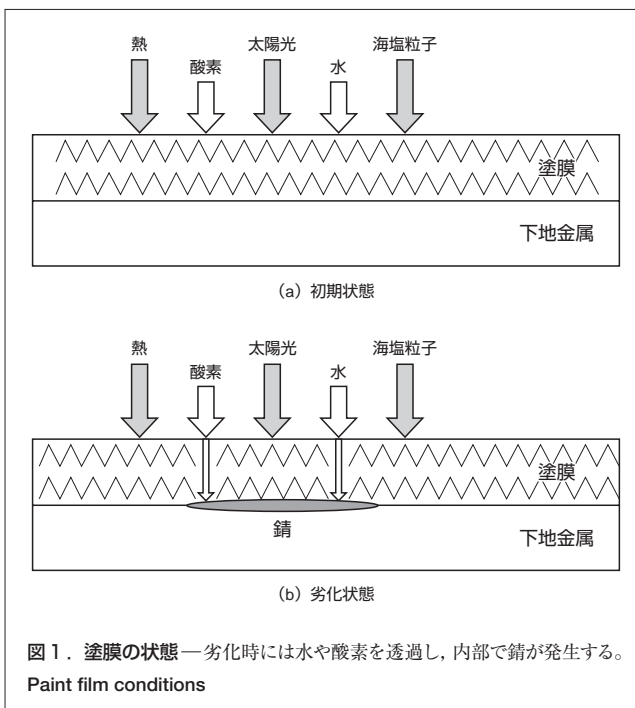
屋外に設置された鋼構造物の塗装は、環境因子によって経年的に劣化し防食性が低下するため、定期的な再塗装が必要である。しかし、再塗装のための費用負担が大きく、適正な塗り替え時期の把握が求められている。

東芝は客観的・定量的に、かつ非破壊で塗膜の劣化度を診断する方法として、塗膜のインピーダンスに着目した塗膜劣化診断システムを開発してきた⁽¹⁾。今回、現場での実用性を高めるために、携帯性と適用性を向上させた新しいシステムを開発した。

2 塗膜劣化診断技術の概要

従来、塗膜の劣化度は、目視により塗膜表面の状況を観察し判定していたが、より客観的、定量的な診断が望まれている。また、塗装試験片による試験として多様な方法があるが、そのほとんどが破壊試験のため、現場での適用ができないという問題があった。

塗膜の劣化度を非破壊で診断する方法として、塗膜のインピーダンスを測定する方法がある⁽²⁾。塗膜は高分子の樹脂で形成されており(図1 (a))、初期の塗膜では樹脂の分子結合が強く、水分が浸透しない状態である。長期にわたって太陽光や雨、海塩粒子などにさらされると(図1 (b))、樹脂の



分子結合が切れ、水と酸素が浸透しやすくなり、塗膜と下地金属の界面で錆(さび)が発生する。

塗膜を電気的に見ると、塗膜の表面と下地金属の間が抵抗分(Rx)とコンデンサ分(Cx)で並列に接続された回路で表すことができる(図2)。このときの合成した塗膜インピー

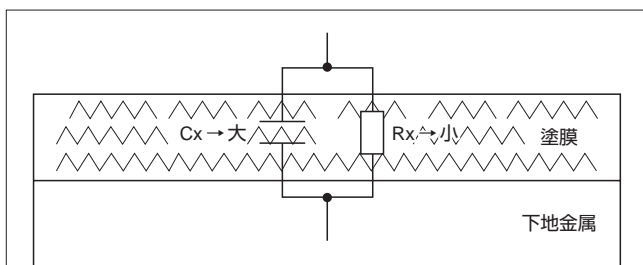


図2. 塗膜の等価回路 — 抵抗とコンデンサの並列接続で表される。塗膜の劣化によってRxは減少し、Cxは増加する。
Equivalent circuit of paint film

ダンス(Z)は、式(1)で表される。

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + j \cdot (2\pi \cdot f \cdot C_x)} \quad (1)$$

j: 虚数 f: 周波数

塗膜の劣化によって水分が浸透しやすくなると、抵抗分が減少し、コンデンサ分が増加して、塗膜インピーダンスが減少する。このことから、下地金属にアースを接続し、塗膜表面に電極を装着して、電極と下地金属に挟まれた塗膜のインピーダンスを測定することにより塗膜の劣化度を推定することができる。塗膜インピーダンスはコンデンサ成分を持つことから周波数特性を持っている(図3)。

特に、低い周波数では塗膜の初期と劣化時のインピーダンスの差が大きくなるため、低い周波数(0.1 Hz)でのインピーダンス測定によって、早期の劣化の兆候を知ることができる⁽³⁾。また、塗膜と下地金属の界面で発生した錆は、塗膜表面から見えないため、目視では健全な状態と判断されてし

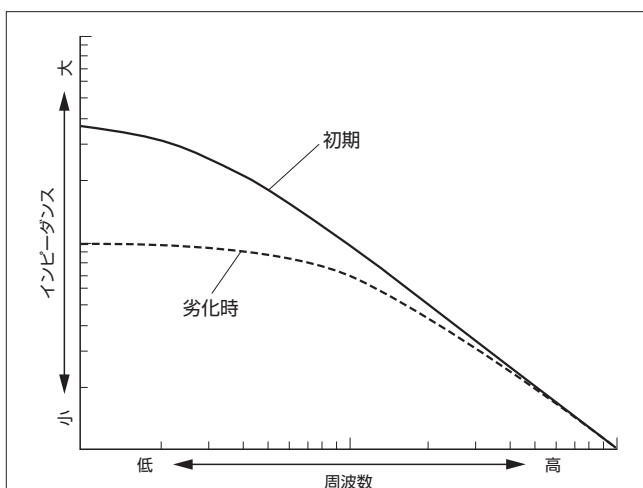


図3. 塗膜インピーダンスの周波数特性例 — 低い周波数で初期と劣化時の差が大きく現れる。
Impedance characteristic of paint film

まうが、インピーダンスの測定では劣化の兆候を的確につかむことができる。

なお、塗膜インピーダンスは測定時の電極の面積と塗膜の膜厚によって変わるため、塗膜の単位面積・単位厚さ当たり換算した膜厚補正インピーダンスを求め、劣化度の評価を行っている。

3 課題

当初は屋外に設置された電気機器(変圧器、遮断器など)の塗膜を対象として活用してきたが、ほかの屋外構造物などへの適用も広がり、タンク、配管ラック、橋りょう、鉄塔などの測定実績を積み重ねてきた。このようななかで、更に実用性を高めるため、以下の3点が課題となってきた。

- (1) 現場での可用性の向上 測定対象の拡大に伴い、狭所や高所、及び移動時や測定時においても作業の安全性を確保するためには、更に小型・軽量化を図る必要がある。
- (2) 高性能塗料への対応 従来は重防食系塗料として主にフタル酸樹脂系、エポキシ・ウレタン樹脂系塗料が使用され、膜厚も数十~200 μm程度であったため、これに合わせたインピーダンス測定範囲としていた。しかし、従来よりも厚い膜厚の塗装が可能な塗料や、同じ膜厚でよりインピーダンスの高いシリコン樹脂系塗料などの出現により、従来よりも広いインピーダンス測定範囲が求められている。
- (3) 測定データの活用性向上 従来の装置構成では、測定部分と解析・診断部分が一体で完結した構成となっており、複数の装置で運用する際にデータの連携が良くない。そのため、大規模で長期にわたるデータを収集する際に、データ整理や解析・診断を効率的に運用できるシステムが求められている。

4 システムの構成と概要

今回開発した塗膜劣化診断システムでは、測定部と解析・診断部を分離した構成となっている(図4)。測定部は携帯端末、インタフェース用コンパクトフラッシュカード、プリアンプ、測定プローブなどで構成される。解析・診断部は解析・診断用コンピュータとクライアント端末で構成され、これらはネットワークで接続される。現場へは測定部だけを持参して、塗膜インピーダンスを測定し、測定データを解析・診断部に転送して診断を行う。システムの主な仕様を表1に示し、以下に改善点を述べる。

4.1 測定部の小型化

従来の測定部(図5(a))はノートパソコン、インタフェース

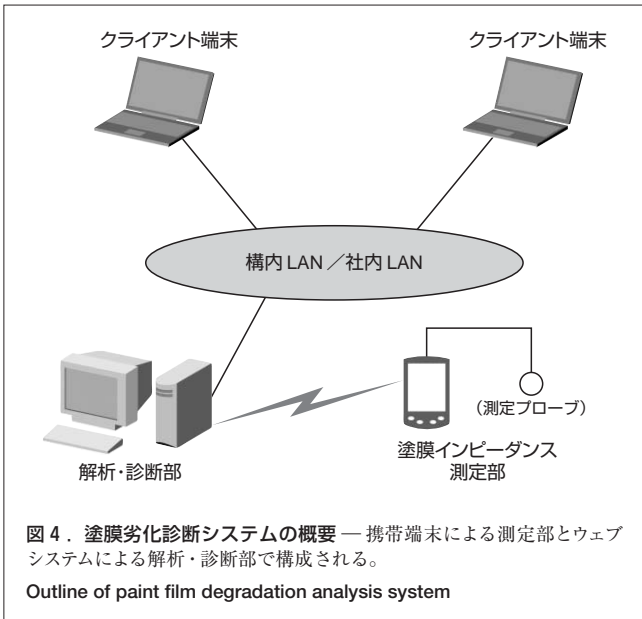


表1 システムの仕様
System specifications

項目	仕様
測定方式	重み付き合成ノイズ波形印加, FFT方式
測定面積	10 cm ²
測定インピーダンス	最大10 GΩ
測定周波数	0.01 ~ 50 Hz
解析機能	<ul style="list-style-type: none"> 測定値表示 ボード線図 コールコールプロット 傾向表示
診断機能	<ul style="list-style-type: none"> 塗膜の劣化度レベルを3段階表示 (フタル酸樹脂系, エポキシ・ウレタン樹脂系塗料のみ対応)

FFT : 高速フーリエ変換

ユニット、プリアンプ、測定プローブで構成されていたが、開発したシステム(図5 (b))では、携帯端末を使用し、コンパクトフラッシュカード型インターフェースユニット、プリアンプ、測定プローブからなる。これにより、従来に比べ体積で約1/9、質量で約1/4の小型・軽量化を実現し、現場での携帯性と操作性が格段に向上した。

4.2 インピーダンス測定範囲の拡大

高性能塗料や厚膜塗料に対応するために、インピーダンス測定範囲を従来の10倍に拡大し、10 GΩまで測定できるようにした。また、周波数についても0.01 Hzまでの周波数成分のインピーダンスを測定できるようにした。

図6は、厚膜塗装に対するインピーダンス測定結果例である。横軸は周波数、縦軸は測定インピーダンスを示す。実線は初期の塗膜、破線は加速劣化試験により劣化した塗膜のサンプルである。従来の測定範囲である0.1 Hzでは初期と



(a) 従来の測定部の構成



(b) 開発した測定部の構成

図5 測定部の構成 — 従来と比べ、体積約1/9、質量約1/4と小型・軽量化を実現した。
Measuring section setup

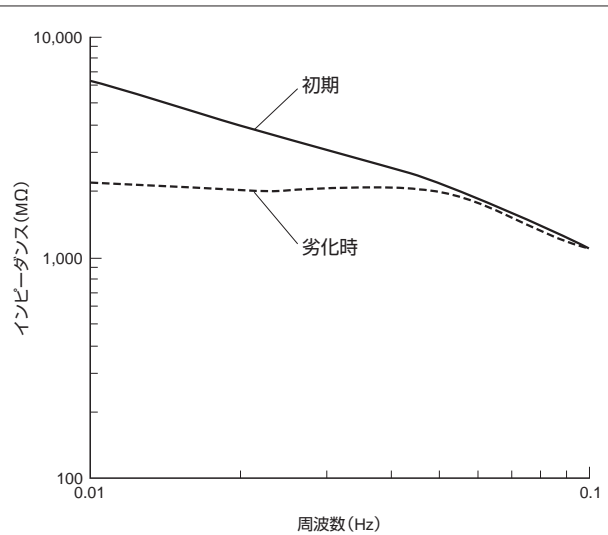


図6 厚膜塗装の測定例 — 0.01 Hzまで測定することにより、初期と劣化時との差が識別できる。
Example of applicable thick paint film

劣化時の差が少ないが、0.01 Hzまで測定範囲を広げることにより、初期と劣化時の差が大きくなり、劣化の兆候をより確

実に知ることができるようになった。

4.3 解析・診断部のウェブシステム化

従来、測定部と解析・診断部は同じノートパソコンを使用していたが、開発したシステムでは解析・診断用の専用コンピュータを別に設置し、測定データの保存、解析・診断処理、解析・診断結果の配信を行う。解析・診断結果は、ネットワークに接続されたクライアント端末のウェブブラウザで参照することができる(図7)。

また、各測定点ごとに測定データを経時的に管理し、インピーダンスの変化の傾向を表示して、塗膜の劣化兆候を把握できるようにしている(図8)。

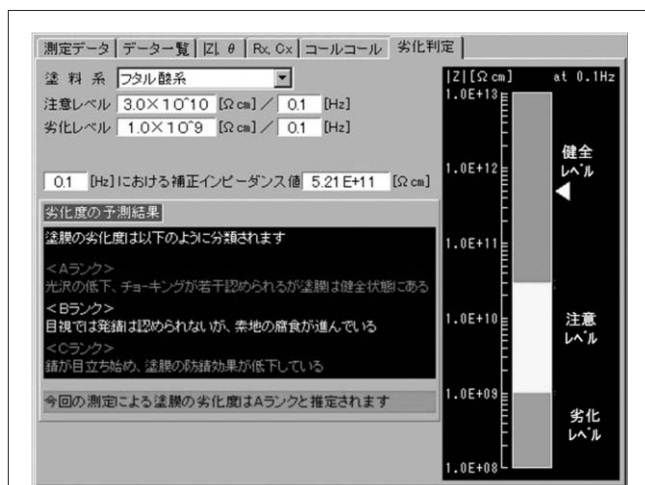


図7. 診断結果例 — 塗膜の劣化度を3段階で表示する。

Example of diagnosis

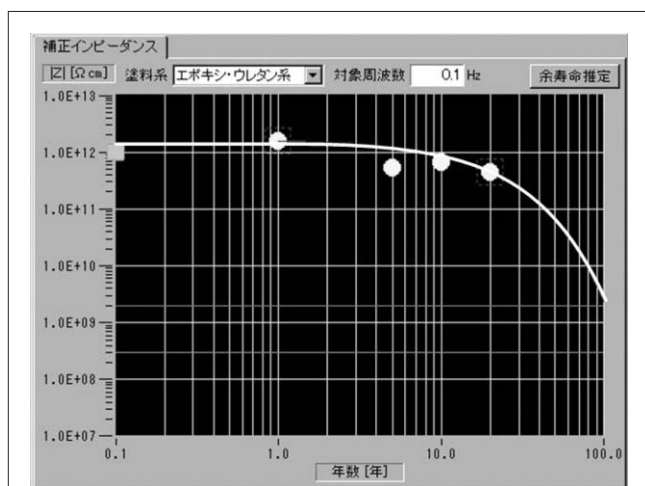


図8. 傾向表示例 — 定期的な測定により劣化の傾向を把握する。

Example of trend graph

5 あとがき

塗膜劣化診断システムは、今回の改善によって携帯性と適用性が向上し、現場での実用性が高まった。

今後は、多種多様な塗料に対する診断基準データの構築に取り組んでいきたい。

文献

- (1) 近藤 武, ほか. 塗膜インピーダンスによる塗膜劣化診断. 防錆管理. 34, 8, 1990, 別刷p.1-7.
- (2) 関根 功, ほか. 防食塗膜の最新評価法. 横書店, 1991, p.7-11.
- (3) 阿部正美, ほか. 海洋環境に位置する港湾橋梁に対する防食塗膜の暴露試験(中間報告). 運輸省港湾技術研究所, 防錆防食技術発表会. 1998, p.95-98.



竹内 文章 TAKEUCHI Fumiaki

電力・社会システム社 電力・社会システム技術開発センター 産業・自動車技術開発部主査。産業機器診断システムの開発に従事。電気学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center



伊藤 光二郎 ITO Kojiro

東芝ITコントロールシステム(株) 産業システム事業部 プラントシステム部長。プラント計装システム事業関連分野の新製品・システム開発に従事。計測自動制御学会会員。

Toshiba IT & Control Systems Corp.



平手 利昌 HIRATE Toshiaki

電力・社会システム社 電力・社会システム技術開発センター 産業・自動車技術開発部主務。産業機器診断システムの開発に従事。日本機械学会, 電気学会会員。

Power and Industrial Systems Research and Development Center