

画像解析を用いた亜鉛めっき構造物の劣化診断

成田 岳文

関東地方整備局 横浜国道事務所防災情報課 (〒221-0855 神奈川県横浜市神奈川区三ツ沢西町13-2)

通信鉄塔などの鋼構造物は、防食耐久性、経済性、維持管理の容易性から溶融亜鉛めっきを施した鋼材により建設される事例が多い。しかし亜鉛めっきも経年摩耗や犠牲防食効果によりめっき厚が減少するため劣化状況を把握する必要がある。従前は、めっき厚計測による管理を行っているものであるが構造物全体の状況を把握するためには調査点数が多くなり、経年データとして蓄積・比較するには課題が多い。

本論文では、画像解析を用いることによりこれらの課題解決を考察するものである。

キーワード 画像解析、劣化診断、鉄塔

1. はじめに

横浜国道管内には、無線通信回線を構成するための通信鉄塔が11基設置されているが、20年以上経過したものが多く、発錆・塗料の剥離が確認されている。

平時、非常時に連絡回線を確保するための要となる通信鉄塔を維持管理するため、これら鋼構造物の劣化状況を把握し補修を行う必要がある。

通常の鉄塔調査は、専門の調査員による直接目視が必要になるが、高所の足場仮設に掛かる費用を抑え、調査員の安全確保を図る事を目的に画像解析技術を用いた劣化診断を実施した。

2. 解析原理

溶融亜鉛めっきは、表面の純亜鉛層が経年消耗すると合金層が現れる。

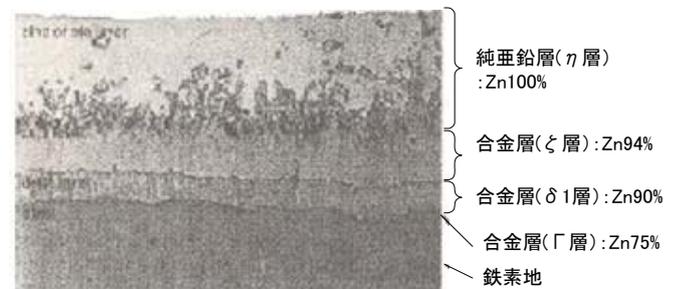
この合金層は少量の鉄分を含むため、合金層が露出すると鉄成分が腐食し、成分の比率

に応じて外観の色彩が変化する。

画像解析技術は、この色彩の変化をデジタル処理することにより劣化分布を把握するものである。

組織断面と劣化度の関係については、図1及び図2に示す。

なお、判定の基礎となる劣化度見本は、「鋼道路橋塗装・防食便覧」（日本道路協会）、「溶融亜鉛めっき鉄塔の劣化度写真見本帖」（通信建築研究所）を参考としている。



各層の名称

η : イータ、 ζ : ツェータ

δ1 : デルタワン、 Γ : ガンマ

図1 溶融亜鉛めっきの組織断面

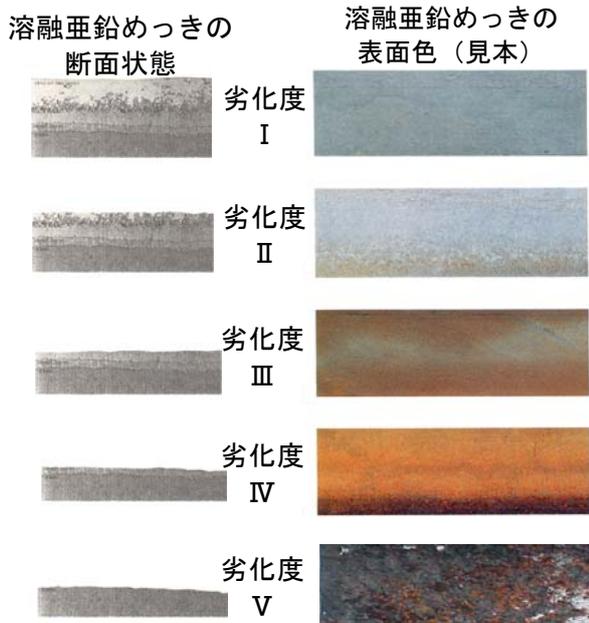


図2 めっきの断面状態と劣化度見本

係が良いとされる「UCS表色系」に変換し、色彩変化を数値化する上で、様々な撮影環境及び状況に対応した自己組織化特徴マップ

(Self-Organizing Map: SOM)を用いて画像分類(マッピング)を行っている。

また、マッピングのデータを用いて、画像全体で類似した色度をもつ領域にグループ分け(クラスタリング)を行うことでより人間が判定する結果に近い判定が可能となっている事が特徴である。

診断は、クラスタリングとマッピングの双方を行い、最終的な劣化判定を実施している

(特許番号：第3648728：東北大学/株デンロコーポレーション)

診断までの流れを図3に示す。

3. 診断までの流れ

今回実施した画像診断では、鋼構造物を撮影した画像を、感覚的な色彩の差と距離の相関関

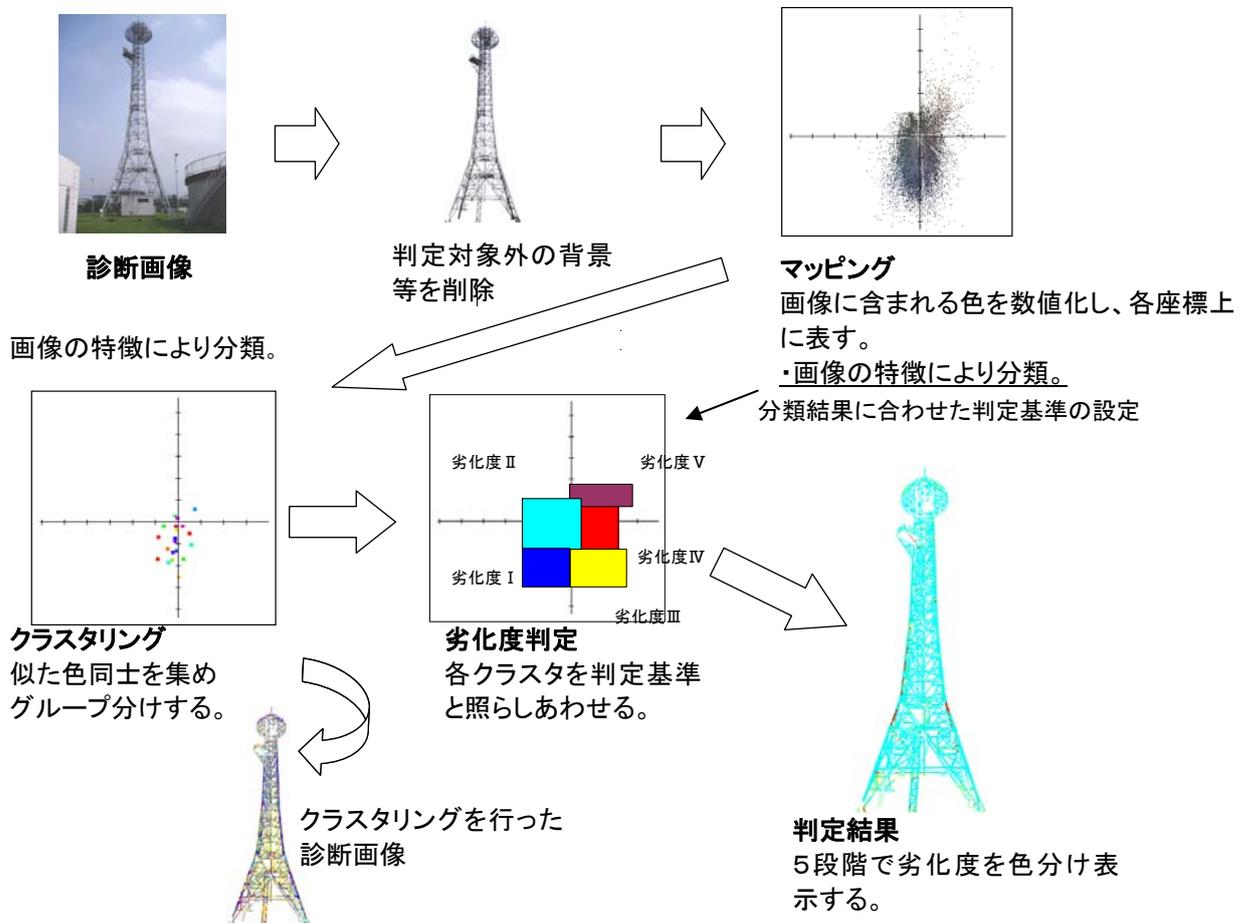


図3 診断までの流れ

4. 現地調査

今回の調査は、亜鉛めっき構造物である通信鉄塔のうち、構造が異なるシリンダー型（神奈川局）、トラス型（厚木局）2箇所で実施した。

中間部に足場が確保できないシリンダー式の神奈川局については、上部リングを目視＋画像解析、その他の中間部等は画像解析による調査を実施。

構造の特徴から部材に近づきやすく目視調査を行う事が容易な厚木局については、鉄塔全体を対象に目視＋画像解析を実施した。

構造の違いを写真1に示す。



神奈川局

厚木局

写真1 調査対象鉄塔

5. 調査結果

調査によりシリンダー構造の支柱では、画像解析においても目視結果においても同様の結果を得られることを確認した。（表1）

細部（上段扉部）において発生していたレベルⅣの劣化を画像解析において検出することが出来なかったが、撮像箇所を拡大する事により特定出来ることを確認した。

但し、拡大画像を使用した場合には細部の判定精度は向上するが、鋼材が重なる事により暗くなる箇所が増え、影と劣化の判定が出来ず白抜け（解析抜け）するエリアが広がるなどの課題が確認されている。

一方、支柱が丸型、斜材が山形鋼で複雑に構成されたトラス構造においては、目視結果と画像解析での結果が異なる結果となった。（表2）

目視において、測定範囲が多くなる場合、箇所を選定する際に彩色劣化が進んでいる点を主に選び調査している事、また雨が溜まり劣化が進みやすい山形鋼の上部や内側で劣化が発生しており地上からの画像として撮影出来ない事が結果に差異を生じた主な原因と考えられる。

これは、地上より調査する上での致命的な課題であり、画像解析導入の目的とした安全性の確保から相反する内容となるが、各部材に近づく事が可能なトラス構造の鉄塔においては上部から撮像するなどの根本的な対策が必要である。

表1 神奈川局調査結果

調査箇所	計測めっき厚 μm	判定 (色見本)	画像解析 判定
上段 ステージ	164.7	Ⅲ	Ⅲ
	23.7	Ⅳ	
	194.0	Ⅲ	Ⅱ
	268.0	Ⅱ	Ⅱ
	246.7	Ⅱ	Ⅱ
下段 (支柱)	466.0	Ⅰ	Ⅰ

撮影方向 (全景)	占有率 (%)			
	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
西側	59.0	40.0	1.0	0.0
北側	62.0	36.0	2.0	0.0
東南側	67.0	25.0	8.0	0.0
南西側	70.0	27.0	3.0	0.0
平均	64.5	32.0	3.5	0.0

表2 厚木局調査結果

調査箇所	計測めっき厚 μm	判定 (色見本)	画像解析 判定
上段主材	64.4	Ⅲ	Ⅱ
リング材	12.8	Ⅳ	
上段斜材	43.1	Ⅲ~Ⅳ	I~Ⅱ
中段主材	92.5	Ⅲ	Ⅱ
リング材	0.0	Ⅳ	
中段斜材	40.6	Ⅲ	I
下段主材	103.8	Ⅲ	Ⅱ~Ⅲ
下段斜材	57.6	Ⅲ	I~Ⅱ

撮影方向 (全景)	占有率 (%)			
	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
西側	59.0	40.0	1.0	0.0
北側	62.0	36.0	2.0	0.0
東南側	67.0	25.0	8.0	0.0
南西側	70.0	27.0	3.0	0.0
平均	64.5	32.0	3.5	0.0

6. まとめ

調査結果から、構造が単純な部分では目視調査に基づく結果とほぼ同等の結果が得られることを確認した。

また、構造が複雑な箇所については細部における判定漏れやそもそも撮像出来ない部位への対応に課題がある事も確認された。

調査結果及び調査方法から得られた比較を表3に示す。

表3 調査結果比較表

	画像解析			従来調査
	シリンダー型 (構造単純)	トラス型 (構造複雑)	拡大画像	目視 (めっき厚測定)
判定精度 (目視を基準)	○	△ 内側、上面判定不可	○	◎
判定範囲	○	○	△ 白抜け	△ 範囲に比例して時間が必要
劣化分布の確認	◎ 容易	◎ 容易	○ 複数枚必要	△
安全性	○			△
判定結果	客観的 (機械判断)			主観的 (人判断)

今回の調査から構造により精度が確保できるものと難しいものがあることが確認されたが、細部(点)ではなく構造物全体(面)で劣化の分布を占有率や視覚で把握できることは画像解析の大きなメリットであり、データを蓄積することにより施設管理を行う上で劣化の進捗を把握できる情報となると考えられる。

現段階での画像解析を用いた劣化診断は、全ての亜鉛めっき鉄塔調査に置き換わる方法ではなく、構造物全体での劣化分布の把握を目的とする場合や構造が単純で不可視部が少ない場合など、条件が一致した際に有効な調査手法である。

また、構造上の条件が一致すれば、鉄塔に限らず一定の調査精度を得られるものと考えられることから、「専門技術者が行うことが望ましい」とある橋梁等の鋼構造物の劣化診断についても、今後懸念される技術者不足や技術者の経験不足による判定のばらつきを補い客観的に判断する技術の1つとして利用出来るものとする。