

アクティブ近赤外線計測による防食塗装膜の劣化評価法の開発

神戸大学 工学研究科 学生会員 ○ 岸上俊介
 本州四国連絡高速道路(株) 梶房祥子
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 有馬敬育
 神戸大学 工学研究科 学生会員 松本悠希

神戸大学 工学研究科 正会員 阪上隆英
 神戸大学 工学研究科 正会員 塩澤大輝
 本州四国連絡高速道路(株) 正会員 林 昌弘
 神戸大学 工学研究科 学生会員 春日裕貴

1. 目的

本州四国連絡橋は、海上に位置する鋼構造物であることから、鋼材表面には重防食塗装が施されている。重防食塗装は、図1に示すように、ジンクリッチペイント、下・中塗エポキシ樹脂塗料、および上塗の耐候性ふっ素樹脂塗料から構成される。塗膜は年月とともに表面から損耗するため、塗替塗装が必要となるが、その時期を適切に判断するための、塗膜劣化の早期検出法は確立されていない。著者ら⁽¹⁻³⁾はこれまでに、防食塗装膜の近赤外線領域での吸収・反射に関する特性を利用して、重防食塗装の最表面の損耗度（残存膜厚）を定量的に評価する手法を開発した。本研究では、赤外線照明を用いたアクティブ計測により、採光条件に影響を受けない残存膜厚の定量評価法を提案する。

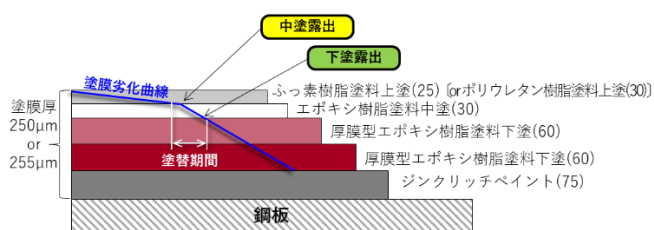


図1 塗装仕様と塗膜劣化曲線

2. 計測原理

赤外線を物体に入射させたときの、赤外線の反射、吸収および透過は、物体の厚さの影響を受ける。重防食塗装膜においては、上塗層が表面から劣化し損耗により薄くなっている場合には、上塗と中塗の界面で反射する赤外線強度は、上塗層の厚さに応じた変化すると考えられる。図2に示すように、上塗に照射される光のエネルギーを E 、上塗の反射率、吸収率及び透過率をそれぞれ ρ_1 、 α_1 及び τ_1 、中塗の反射率を ρ_2

とし、中塗を透過する赤外線エネルギーを0とした場合には、塗膜からの反射赤外線強度 E_R は、式(1)で求められる。

$$E_R = \rho_1 E + \rho_2 (\tau_1 E) - \alpha_1 \{ \rho_2 (\tau_1 E) \} \quad (1)$$

上式に含まれる上塗の吸収率 α_1 及び透過率 τ_1 は、上塗の厚さに依存すると仮定できる。つまりエネルギー E_R は上塗の厚さに応じて変化すると考えられる。

このような、上塗の厚さと輝度の関係を利用することで、目視では検出が困難である、上塗の残存膜厚の推定が可能となると考えられる。しかしながら、自然光の下での計測では、現場の採光条件の違いにより、入射赤外線エネルギー E が場所により異なることが考えられる。そこで、本研究では赤外線照明を用いたアクティブ計測により、採光条件に影響を受けない残存膜厚の定量評価を試みた。

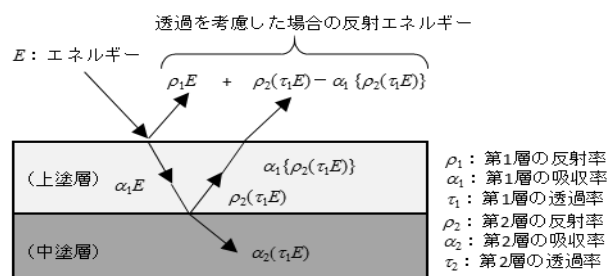


図2 塗膜の反射の様子

3. 計測方法

実験で用いた重防食塗装試験片を図3に示す。本州四国連絡橋の実橋梁と同様に、上塗にはふっ素樹脂塗料、中塗にはエポキシ樹脂塗料が、それぞれ塗装されている。また、試験片において上塗は左端から順に残存膜厚が厚くなるよう塗装されている。

使用した近赤外線カメラは、InGaAsセンサを搭載した900～1700nmの波長帯に感度を有するものであ

キーワード 近赤外線カメラ、重防食塗装、塗膜劣化、維持管理、長大橋

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学研究科機械工学専攻

る。また、赤外線照明として、近赤外光を発するモノブロックストロボを使用した。

計測において、試験片を壁に貼り付け、近赤外線カメラと赤外線照明を試験片に向けて横並びに設置し、撮影を行った。また、実橋梁における周囲環境からの影や反射による採光むらを再現する目的で、試験片上部のみにハロゲン光を照射することで(図4)、光強度のむらを作った。

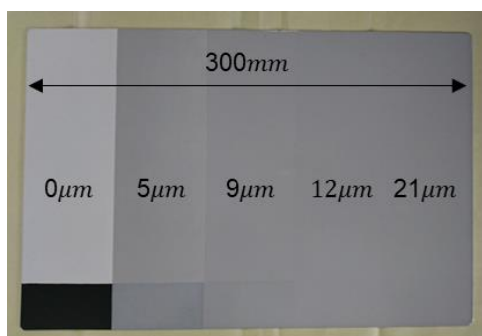


図3 重防食塗装試験片

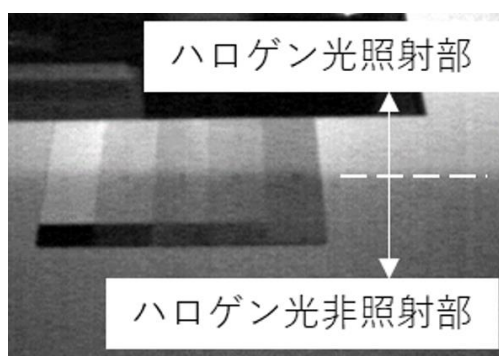


図4 ハロゲン光を照射した試験片の赤外線画像

4. 実験結果

ハロゲン光の影響を取り除くために近赤外線カメラで撮影した動画のうち、ストロボが発光している画像から発光していない画像を差し引いた、図5に示すような差分画像を作成した。次に赤外線輝度値と残存膜厚の関係を求めた。試験片の膜厚ごとに、ハロゲン光照射部と非照射部において10ピクセルの領域で輝度の平均値を算出し、これを上塗が0μmのハロゲン光照射部での赤外線輝度平均値をもとに正規化して輝度比を算出した。

差分処理を行う前の赤外線画像から得られた赤外線輝度比と残存膜厚の関係を図6(a)に、差分処理後の赤外線画像から得られた関係を図6(b)にそれぞれ示す。図6(a)と(b)を比較すると、差分処理によりハロゲン光照射部と非照射部の差がほとんどなくなってお

り、輝度比と上塗残存膜厚との相関関係もより顕著になっていることがわかる。これらより、アクティブ照明を用いることで、周囲環境の影響による採光条件にかかわらず、塗膜劣化を定量的に評価できることが明らかになった。

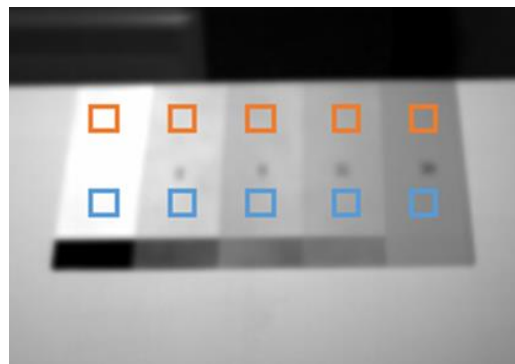
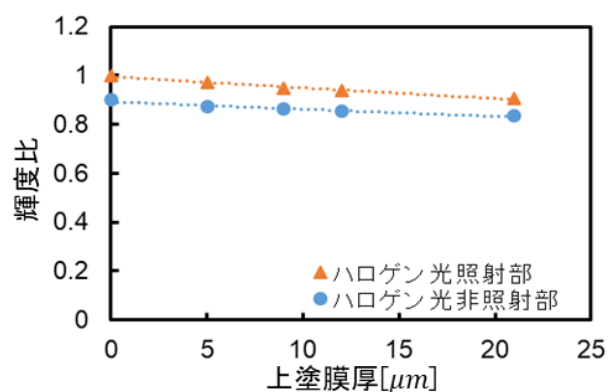
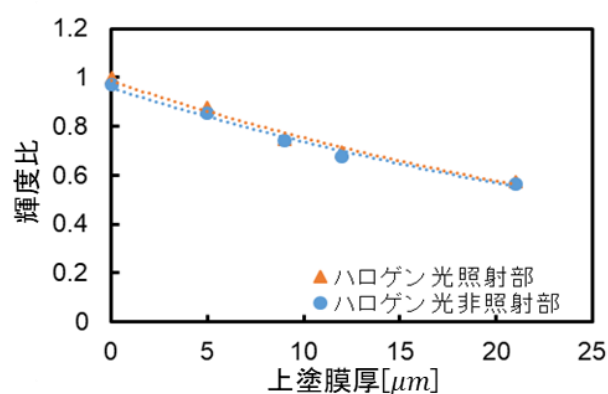


図5 ストロボ発光前後の差分画像



(a) 採光むらの影響を受けた場合



(b) アクティブ照明と差分画像処理の結果

図6 赤外線輝度比と残存膜厚の関係

文献

- (1) 阪上ほか5名, 土木学会第73回年講概要集, pp.51–52, 2018.
- (2) 溝上ほか5名, 土木学会第73回年講概要集, pp.53–54, 2018.
- (3) 松本ほか5名, 土木学会第73回年講概要集, pp.55–56, 2018.