

アクティブ近赤外線計測による本州四国連絡橋の防食塗装膜の劣化評価

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 正会員 塩澤大輝
 本州四国連絡高速道路(株) 梶房祥子
 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) 正会員 有馬敬育
 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 学生会員 松本悠希
 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。塗膜は経年化により表面から損耗するため、塗替塗装の時期を適切に判断する必要がある。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、重防食塗装の上塗の残存膜厚を定量的に評価する手法を開発した。また、別報では、現場の採光条件に影響を受けにくい、赤外線照明を用いたアクティブ計測による残存膜厚の定量評価法を提案した。本報では、同手法の有効性を本州四国連絡橋で確認した結果について述べる。

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をすると考えられる。したがって、上塗塗膜の残存厚さと近赤外線輝度の関係を利用することで、上塗

の残存膜厚の推定が可能となると考えられる。計測原理については、別報⁽⁴⁾に詳細を記載している。

現場の自然光の下での計測では、採光条件の違いにより、入射赤外線エネルギーが場所により異なることが考えられる。そこで、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。

3. 計測対象及び計測方法

計測対象は、図1に示す1983年に供用された吊橋の補剛桁主構トラス下弦材ウェブ面とした。

対象箇所は、1997～1998年度に上塗をふっ素樹脂とした仕様で塗替塗装されており、塗替後20年程度が経過している。計測に使用した近赤外線カメラは、InGaAsセンサを搭載し、900～1700nmの波長帯に感度を有するものである。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。計測においては、桁外面作業車上に、近赤外線カメラとストロボを対象の下弦材に向けて横並びに設置し撮影を行った。また、自然光による採光状態やアクティブ照明の強度・均質性を確認する目的で、灰色紙を

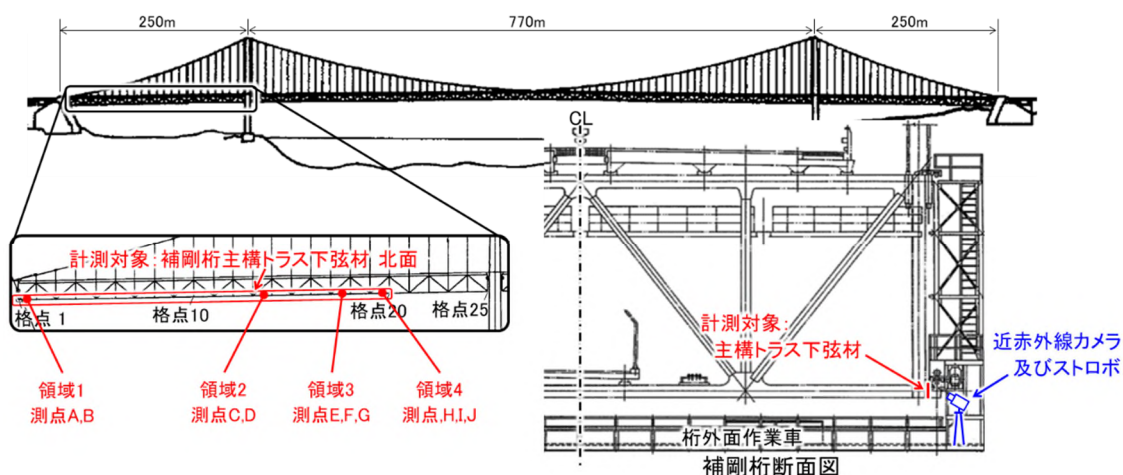


図1 計測対象及びカメラ、ストロボ設置位置

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 〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 本州四国連絡高速道路(株) 長大橋技術センター

貼り付けた参照ボードを対象下弦材ウェブ面に取り付けた。

4. 計測結果

測定対象とした下弦材を，自然光による採光条件の下で計測した，近赤外線画像の一例を図2に示す．周囲部材の影により，入射赤外線強度は下弦材の上部で低くなっていることが確認できる．次に，ストロボによるアクティブ照明の下で計測し，周囲環境の影響を取り除くため，ストロボが発光している時の画像から発光していない時の画像を差し引いた，差分画像を作成した．図2に示した領域に対して得られた差分画像を図3に示す．参照ボード上の赤外線輝度分布からわかるように，周囲部材の影の影響が軽減されている．

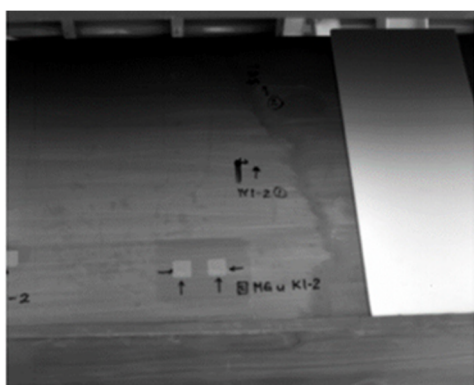


図2 自然光の下で撮影した近赤外線画像

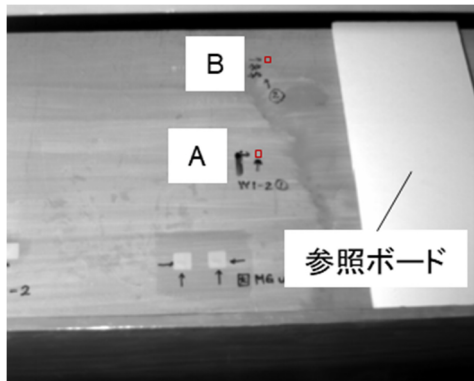
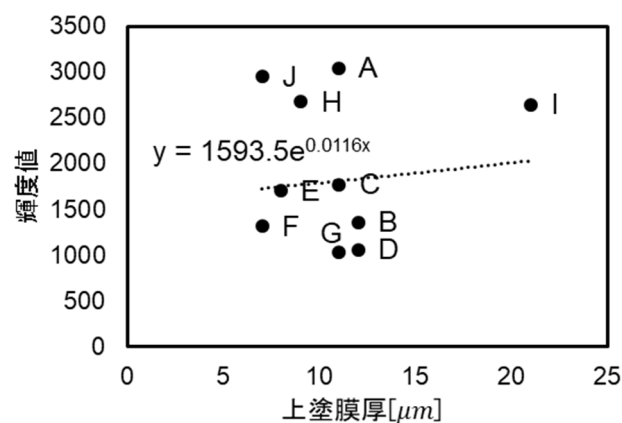


図3 ストロボ発光前後の差分画像

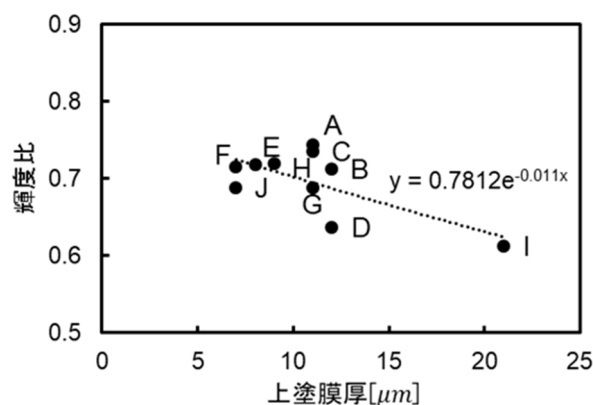
図1に示す対象橋梁の4領域で，計10点(A～J)の残存膜厚を微破壊により実測し，同じ点の赤外線輝度値との関係を求めた．各計測領域でのストロボ照明強度のばらつきを補正するため，参照ボード上の赤外線輝度値をもとに正規化した輝度比を算出した．

自然光のみを用いて撮影した赤外線画像から得られた赤外線輝度値と残存膜厚の関係を図4(a)に，差分処理後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4(b)に示す．図4(a)の自然光の下で

の結果では，赤外線輝度値と残存膜厚の間には，ほとんど相関が見られない．自然光の下での採光条件の違いによる誤差が影響していると考えられる．一方，図4(b)の差分処理後では，採光条件の影響及び照明強度のばらつきの影響が軽減され，輝度比と残存膜厚に関係性が見られた．アクティブ照明として用いたストロボの閃光時間が短いため近赤外線輝度値に計測誤差が含まれること，ストロボ光の分光特性，微破壊による膜厚計測誤差等，今後更なる検討が必要であるが，今回の実験を通じて，実橋梁においてもアクティブ照明を用いることで，周囲環境による採光条件にかかわらず，近赤外線輝度値をもとに，塗膜劣化を定量的に評価できる可能性が示された．



(a) 自然光の下での結果



(b) 差分画像に照明強度補正した結果

図4 赤外線輝度と残存膜厚の関係

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.
- (4) 岸上ほか7名，土木学会第75回年講概要集(投稿中)，2020.