

鋼橋維持管理のための結露付着状況自動認識システムの開発

長崎大学工学部 学生会員○片岡 翼 長崎大学工学部 正会員 奥松俊博
長崎県土木部 正会員 中 忠資 長崎大学工学部 フェロー岡林隆敏

1. はじめに

鋼材表面に発生する錆の要因は水分と飛来塩分が主である。特に、桁下部分に付着する塩分は降雨によって洗われないため、洗浄による塩分の洗流しが導入されているケースもある。塩分が付着した鋼材表面は、低湿度状態で結露が生じ、その結果、短期間のうちに錆が発生する。気温、湿度、付着塩分等のなどの外的環境要因と結露発生のメカニズムを解明する必要がある。一方、膨大な社会資本の維持管理問題を解決するためには、作業の効率化が必要不可欠である。そこで本研究では、結露状況確認法の確立と効率化を目的として、画像処理および遠隔モニタリングによる結露発生自動認識システム¹⁾を開発した。

2. 遠隔結露モニタリング自動画像解析システム

(1) 結露遠隔モニタリングシステム

本システムは、図-1 に示すように、現場に設置したネットワークカメラ・カメラサーバおよび周辺機器と、管理事務所に設置したノート PC から構成される。対象箇所（橋梁箱桁下面）の結露付着状況を確認するため、本システムではハロゲンライトを用いた。水滴がライト光を反射することで結露付着をより際立たせるためである。サーバに蓄積された結露画像データは、一定時間間隔ごとに PHS で管理事務所に自動送信し、画像解析を経て結露情報が数値化される。本システムの構成機器を表-1 に示す。

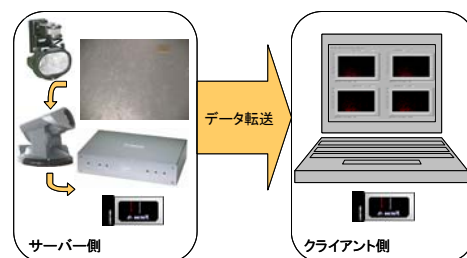


図-1 結露遠隔モニタリングシステム

表-1 構成機器

機器	型式	仕様
ネットワークカメラ	VC-C4 (CANON)	1/4インチCCD、有効画素数38万画素、16倍ズームレンズ、電源(AC100V)
カメラサーバ	VB101 (CANON)	画像入力 (RCA方式)、映像圧縮方式 (JPEG)、電源(AC100V)
通信カード(PHS)	CH-S203C/TD (SHI)	64kbps (PIAFS接続)
ハロゲンライト	OHR-155	150W

(2) 画像処理システム

ネットワークカメラ（38 万画素）で撮影した結露発生画像を元に、カラープレーン抽出等の処理を経て、8bit（0～256 段階）の分解能で二値化することにより、結露情報を粒子数として抽出する。二値化時の閾値は試行錯誤を経て決定した。図-2 は鋼橋箱桁下面の元画像および、設定閾値を変化させた場合の二値化後画像および検出粒子数（括弧内）をある。このように閾値を変更することにより、二値化後画像は変化するが、実際の結露付着状況をよく表していると思われる閾値：200 を本対象構造物では採用した。

以上の流れを示したものが図-3 である。夕方から明け方（18 時～翌朝 6 時）までの 1 時間ごと、対象箇所数箇所の撮影を行い、管理事務所へ画像転送後、上記の解析を行うようにモニタリングプログラムを設計した。なお本システムは、仮想計測器ソフトウェア LabVIEW および IMAQ Vision Assistant を用いて全自動化させている。

3. 女神大橋における結露付着モニタリング

(1) 対象橋梁および計測概要

対象橋梁は H17 年 12 月に供用開始した女神大橋である。橋梁の外観を図-4 に示す。計測装置は図-5 のように女神大橋の箱桁下部（主塔連結横梁上部）に設置した。ネットワークカメラは支承部に設置し、主桁下部に付着する結露が確認できるように設定した。相対する場所にハロゲンランプを設置し、撮影時にシンクロ点灯させることで結露

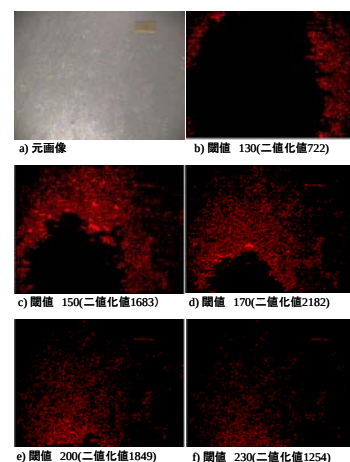


図-2 二値化閾値による
粒子数検出の違い

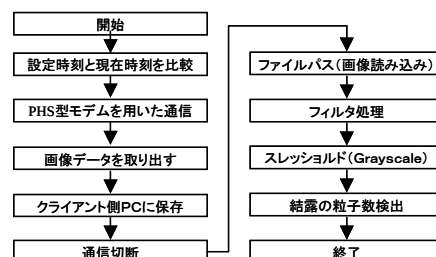


図-3 プログラムフローチャート

画像として保存する。
図-6 は予めプログラム化された撮影対象箇所を示したものである。ハロゲンライトの照射角の関係から、本報告では図-6 の黒実線で囲まれた部分について計測・解析結果について示すこととする。



図-4 女神大橋外観

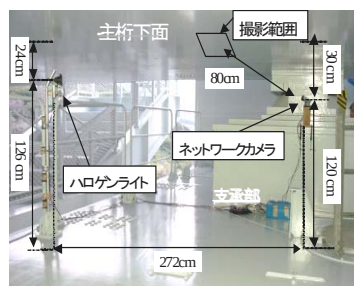


図-5 システム設置状況



図-6 撮影状況

(2) 計測結果

女神大橋の主桁下部に付着した結露モニタリングを本システムで行なった結果について示す。図-7a)～d) は 12 月 19 日～31 日の期間内に計測された温湿度および検出粒子数を数例示したものである。日照のない時間のみ計測対象としているため、7 時～17 時までのデータは未記載である。各測定値の安定している朝 4 時～6 時の温湿度データおよび本システムによる検出粒子数をそれぞれ平均化して示したものが図-8 および図-9 である。結露発生を示す検出粒子数は、その支配的要因となる湿度の変化に対応している様子が確認できる。次に、上記約 2 週間の期間の湿度と粒子数の関係を表したものを図-10 に示す。図より、湿度が高くなることにより検出粒子数も

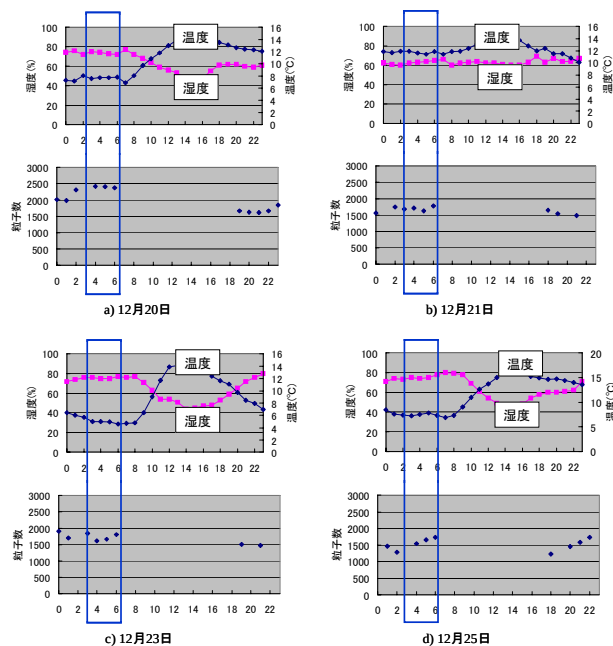


図-7 温湿度と検出粒子数

増加している様子を確認することができる。湿度と粒子数がおおよそ相関関係にあることから、本画像解析法が、結露発生の判断基準として有効であることを検証することができた。

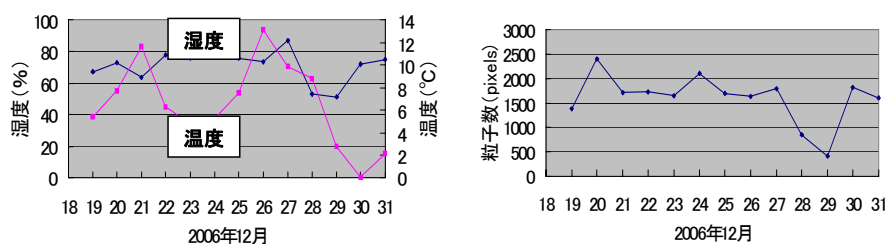


図-8 温湿度

図-9 検出粒子数（二値化後数値）

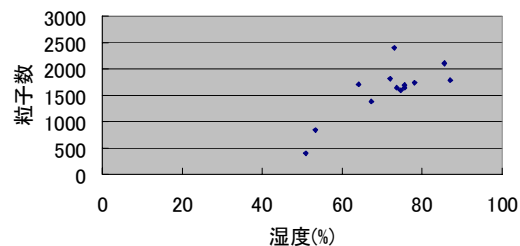


図-10 湿度と検出粒子数

4. まとめ

鋼橋の結露発生状況を自動観測するための、遠隔モニタリングおよび画像処理システムを開発した。本システムを女神大橋の主桁下面の結露検出に適用し、結露付着状況の定量的な評価方法として有効であることを検証した。今後は、さらに高精度に結露の発生状況を検出するために、高解像度カメラの使用やレンズの曇り対策や、照明方法や日中の撮影等について工夫することが必要と考える。

【参考文献】1) 中, 岡林, 奥松, 石橋: 鋼橋の結露モニタリングシステムの開発と画像処理による定量化, 鋼構造年次論文報告集第 14 巻, pp.173-178, 2006