

広島大学工学部 学生会員 ○内田 兼人
広島大学大学院工学研究院 正会員 一井 康二
広島大学大学院工学研究院 フェロー会員 藤井 堅

1. はじめに

我が国において鋼橋の損傷を考慮した適切な安全性評価が重要となっている。しかし、現状の維持管理では、腐食表面形状を密に測ることができないため、定量的に評価し難いといった問題点があり、これらの背景から、デジタルカメラとプロジェクターを活用した腐食表面形状計測¹⁾が研究されている。この測定方法は、精度のばらつきが少なく密に測定することができ、約 1mm 以内の誤差に腐食表面を認識することができる。しかし、計測に大変な労力を必要としコストが多くかかってしまう。

そこで本研究では、既往の研究の問題点を解決するために、扱いが容易でコンパクトな形状であるデジタルカメラのみを使用した腐食表面座標測定手法の適用性について検討し、また、それを用いた残存強度解析を行うことによって、腐食表面座標測定の精度と強度解析の精度についても検討していく。

2. 画像復元及び座標値測定

本研究で対象とした人工腐食モデルは本研究室で提案された腐食を模擬した鋼材であり、長手方向 1100mm、長手直角方向 100mm であり腐食区間は長手方向 250mm、長手直角方向に 100mm である。無腐食部の板厚は約 11.5mm であり、表裏両面腐食している。市販のデジタルカメラを用いて、表面、裏面の人工腐食モデルを様々な角度から腐食部の凸凹面を標点として、写真が連続してつながるよう 30 枚程度撮影し、画像を再現した。表面の撮影画像の 1 枚と復元画像を写真 1、図 1 に示す。裏面の撮影画像の 1 枚と復元画像を写真 2、図 2 に示す。表面、裏面の模擬された腐食表面は違うため、裏面も同様に行う。

カメラ座標は空間上にあるため、無腐食部の 3 点の座標値から座標変換マトリックス²⁾を用いて人工腐食モデルの座標系に変換した。これにより表面、裏面の腐食部の座標値を得た。表裏共に座標値を人

工腐食モデルの座標系で求められたので画像解析を用いた板厚が算出された。



写真 1 表面腐食写真

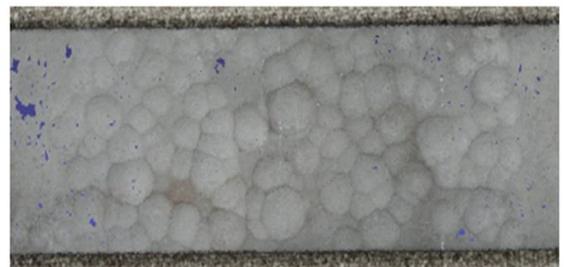


図 1 表面復元画像



写真 2 裏面腐食写真



図 2 裏面復元画像

レーザー変位計と画像解析による誤差は片面約0.3mm以内におさまり、精度が上がり、尚且つ簡易に腐食表面座標が算出された。この座標値を長手直角方向の板厚の平均を求め、断面平均腐食深とした。植村ら³⁾によってレーザー変位計で求められた断面平均腐食深と比較した表面の結果を図3に、図4に裏面の結果を示す。

3. 残存強度解析概要

腐食を模擬した人工腐食モデルの残存強度を得るために、汎用構造解析コード ABAQUS を用いて、有限要素法による強度解析を行った。残存強度解析は、植村ら³⁾ 実験に対応させた条件のもと行った。材料は、弾性係数 200.0GPa、降伏応力 260.0MPa、ポアソン比 0.30 を用い、解析では降伏後のひずみ硬化は考慮せず、完全弾塑性と仮定した。

境界条件は両端の回転を固定し、荷重条件は一方の端面に強制変位を与える変位制御とした。画像解析から算出した板厚に誤差が少なかったため、板厚の中心を中立軸として偏心を考慮した。使用した要素は4節点アイソパラメトリックシェル要素で、要素の大きさは1mm×1mm、長手直角方向に100要素、長手方向に900要素に分割し、90,000要素、91,001節点である。

4. 残存強度解析評価

実験による引張試験と残存強度解析した値を比較した。降伏荷重は実験値では 221.17kN、強度解析では 229.36kN と約 4%の誤差に収束した結果を得た。

画像解析から算出した板厚の誤差が少なかったこと、それによって中立軸がずれることなく偏心も確実に解析に反映できたと考察される。降伏荷重が概ね等しいことから、画像解析を安全性評価に適用できる可能性を示唆した。

5. 結論

- (1)画像解析で腐食表面を計測した結果とレーザー変位計で計測した結果を比較すると、両者の誤差が0.3mm以内となった。
- (2)人工腐食モデルを対象とした実験値とデジタルカメラを用いた強度解析値は、降伏荷重の誤差が

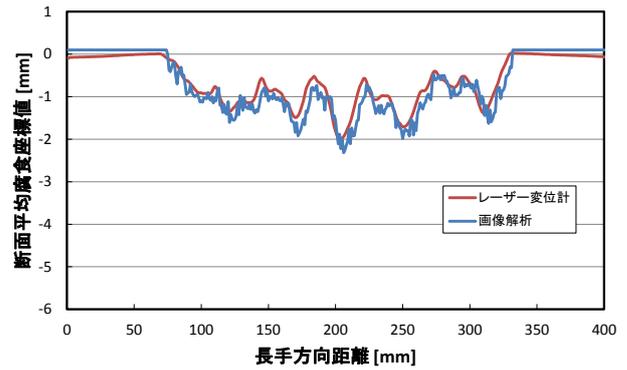


図3 表面断面平均腐食座標

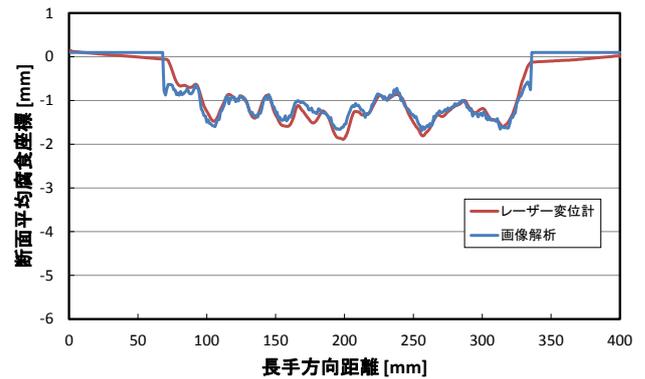


図4 裏面断面平均腐食座標

約 4%となった。デジタルカメラのみを使用した腐食表面座標計測による降伏荷重を適切に評価できる可能性を示唆した。

- (3)今後の鋼橋の維持管理において、腐食表面形状を簡易に精度よく計測でき、画像解析を安全性評価に適用できる可能性を示唆した。しかしながら、1 ケースの腐食を模擬した鋼板のみでは断定するのは難しく、実環境で腐食した鋼板の誤差を確認する必要がある。

参考文献

- 1) 中村秀治, 藤井堅, 松下陽三, 浅海敬次: 標点投影による画像計測法と維持管理のための腐食面計測への適用について, 構造工学論文集, 2006
- 2) 鷺津久一郎, 宮本博, 山田喜昭, 山本善之, 川井忠彦, 有限要素法ハンドブック I 基礎編, 株式会社培風館, 1981
- 3) 植村有馬・藤井堅・井上太郎: 繰り返し軸力を受ける鋼板接着補強された腐食鋼板の耐久性, 構造工学論文集, 2014