

三次元画像解析による腐食鋼板の計測方法の開発

愛媛大学	学生会員	○有友 優太
愛媛大学大学院	正会員	大賀 水田生
愛媛大学大学院	正会員	全 邦釘
愛媛大学	正会員	川口 隆

1. はじめに

近年、橋梁の老朽化が問題となっている。特に、橋梁の腐食による損傷事例は多く報告されており、これらの既設構造物に対する維持管理は急務となっている。現状の維持管理手法は技術者による経験的・定性的な管理である。腐食は鋼橋の老朽化に伴う損傷の半分以上を占める要因であるが、その腐食が力学的に及ぼす影響や腐食鋼板の座屈現象については未だに解明されていない。現在、座屈現象の解明を目指して精力的に研究が行われているが、腐食は橋梁の架設位置や周囲の環境によって様々であり、今後も更なるデータの蓄積が必要である。

材料試験を行う際、挙動を計測する方法の代表的なものとして、ひずみゲージや変位計を用いる方法がある。ひずみゲージや変位計は比較的小型で軽量であり、変形挙動にほとんど影響を与えないため、これまで多く使用されてきた。しかし、一方で貼り付け位置や計測点でしか値を計測できないことや長期計測には不向きであるなどの欠点がある。このことから、従来の計測方法では短期的かつ点的な計測となり、腐食した部材の複雑な座屈現象をとらえてメカニズムを解明するには不十分である。このような場合では複雑な座屈挙動を面的に捉え、全視野的に測定する長期的で面的な計測が有効であると考えられる。本研究では、複数の視点からの撮影画像を用いたステレオ画像解析により、座屈挙動の特徴である面外変位を長期的に精度よく面的に計測する手法を開発することを目指す。

2. 三次元画像解析の理論および解析手法

三次元画像解析ではデジタル 3D カメラで撮影した左右の画像を使用する。左右のカメラが対象物を写す時、それぞれのカメラに写る対象物は左右で x 座標がずれて写し出される。

デジタル 3D カメラを使用した三次元画像解

析では、その x 座標の位置の違いを視差として三角測量の要領で奥行きである z 座標を求める。この視差を用いて基線長を L 、焦点距離を f とすると以下のような式から三次元座標を得ることができる(式 1)。図 1 には三次元計測のモデルを示す。

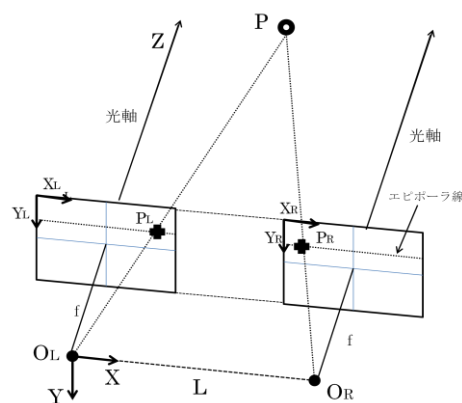


図 1 ステレオ画像系

$$x = \frac{Lx_L}{x_L - x_R} \quad y = \frac{Ly_L}{x_L - x_R} \quad z = \frac{Lf}{x_L - x_R} \quad (\text{式 1})$$

三次元画像解析では三次元座標を求めるまでに解析手法として以下に記すようなプロセスを必要とする。

2.1. 歪み補正およびステレオ平行化

レンズの歪みは主に半径方向歪みと円周方向歪みの二種類から成る。これらの歪みは数学的に表すことができ、本研究ではチェスボードを使用し、キャリブレーションを行った。撮影画像の歪んだ位置と本来のチェスボードの各格子の角の位置を計算することで歪みパラメータが求まる。

平行化は左右 2 つの画像の行が揃っている状態を作る。平行化をすることで、同じ行に対応点があるということが分かり、後に行う対応点検索の計算を容易とすることができる。

2.2.対応点検索

左右2つのカメラの視野内で対応する点間の三角測量により得られた視差 $X_L - X_R$ から奥行きを計算することができる．対応点検索では小さな差分絶対値和（SAD：Sum of Absolute Difference）を用いて左右のステレオ平行化された画像で，左画像で指定した点が右画像のどこにあるかを検索する（式2）．左右の画像間において強くマッチする点を見つけるもので，テクスチャが少ない画像では奥行きが得られなくなってしまう．逆にテクスチャが多い森林のようなものを撮った画像である場合は点の特徴がはっきりしているため，多くの点で対応点検索ができ，奥行きが得られる．本研究では，供試体に色付けを行い対応点検索の補助をした．

$$R_{SAD} = \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} |I(i,j) - T(i,j)| \quad (\text{式2})$$

2.3.腐食鋼板の圧縮試験

圧縮試験では腐食鋼板を載荷試験機に取り付けた後，レーザー水準器で荷重軸と供試体を平行にする．三次元画像解析の結果と比較するため，変位計を供試体の中央部に取り付ける．図2のようにカメラをセッティングし，載荷開始時から載荷荷重 3kN ごとに撮影し，最大荷重後は変位計測定値の 0.5mm ごとに撮影をした．



図2 撮影状況

3. 実験結果および解析結果

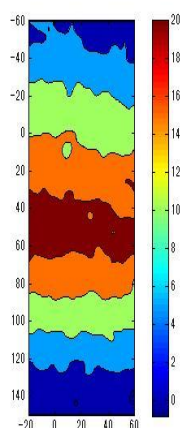


図3 座屈後の等高線図

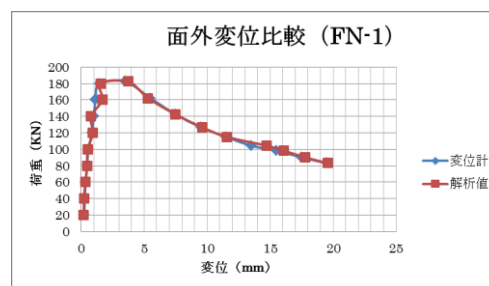


図4 荷重－変位曲線比較

図3は載荷開始前と降伏後の供試体各点の変位を表したものである．図3からわかるように各点において変形をとらえており，座屈挙動を面的に表すことが可能である．図4は変位計の値と変位計測定位置のカメラ解析値の荷重－変位曲線比較である．図のように変位を載荷開始時から変形を追うことができている．

5. まとめ

本研究の成果として，デジタル 3D カメラを用いて面的に変形挙動を追跡する三次元画像解析手法を構築し，腐食鋼板の圧縮試験における座屈挙動を示した．また，三次元画像解析により得られた三次元座標により，荷重と面外変位との関係を各点において示すことができ，試験開始時から終了までの面外変位をとらえることに成功した．

今後の展開としては更なる精度向上ができれば，正確な形状の情報を得ることができ，そこから時間軸の変化により座屈現象を知る上で必要なひずみを計測することができる．そのことにより，三次元計測による面的な計測が座屈挙動を解明するための値に適用することができる．

参考文献

- 1) 中島千尋：画像解析による面的計測技術の開発と腐食鋼材の挙動解析への適用，pp4-11, 2011.
- 2) 建設省土木研究所：既設橋梁の耐久性評価・向上技術に関する調査研究, 土木研究所資料集 2420 号, 1986.
- 3) Gary Bradski, Adrian Kaebler, 松田晃一訳：詳細 OpenCV-コンピュータビジョンライブラリを使った画像処理・認識-, オーム社, 2010.
- 4) 座屈設計ガイドライン：土木学会, 2005.