

## 第I部門 デジタル画像相関法を用いた構造物変状周辺の挙動把握

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 正会員 ○河田 直樹, 須山 夏樹  
立命館大学理工学部 正会員 野村 泰稔  
(株) エルゴビジョン 内田 勇治, 舟木 翔太

## 1. はじめに

橋梁などの構造物定期点検において発見されたひび割れ・き裂などの変状に対し、構造物の安全性を診断する上でそれら変状の挙動を早期に把握し、進展性や対策の要否を判断することが望まれる。近年、デジタルカメラを用いて、物体の変位やひずみ、空間座標などを撮影領域における分布として得る全視野計測技術が数多く開発されているが、今回その技術を利用し、構造物表面の変位場を現地にて評価するシステムの開発を行った。本稿は、そのシステムの概要と、鋼橋の主桁に発生したき裂周辺の挙動把握を行った内容について報告するものである。

## 2. 評価システムの概要

ある領域のひずみや変位の情報を画像から取得する手法として、デジタルホログラフィ法やサンプリングモアレ法、またデジタル画像相関法がある。変状発見時において早期に安全性などを判断するため、可搬性に優れ、簡易に診断できるシステムを目指し、その場で撮影動画から判断可能なデジタル画像相関法を用いたシステムを構築することとした。この計測システムは、写真-1に示すように、動画撮影用の小型カメラとノートPCのみで構成され、設置も3脚上にカメラを取り付けるため簡便である。撮影画像の処理を行う画像相関法は、図-1に示すように、撮影画像中の任意の領域(図中□部)が、ひび割れ開閉による変形後わずかに移動した場所(図中□部)を、領域内の輝度情報から相関性を逐次計算し求めるものである。これらの処理を1画素ずつ行うと計算時間が長くなるが、現場における簡易診断としての活用に配慮し、まず第1ステップで粗く探索し、その結果求められた相関が高い付近のみ画素単位で再探索することとした。なお、この手法では1画素以下の変位は表現できないが、1画素以下のサブピクセル単位での動きを、一致度評価値最大化法を用いて画素毎の相関値を内挿計算により推定することとした。なお、本システムでは、これまでの著者らの研究と同様、図-2に示すように三角形要素を用い、各節点の変位から得られたひずみベクトルをもとに各要素の最大主ひずみとその方向を算出し、また、ひび割れが発生している要素についてはひび割れ開口により生じる見かけ上のひずみをもとに開口量を算出するものとした。これによって、不可視な状態にあるひび割れに対しても検出することが可能となる。



写真-1 撮影システム

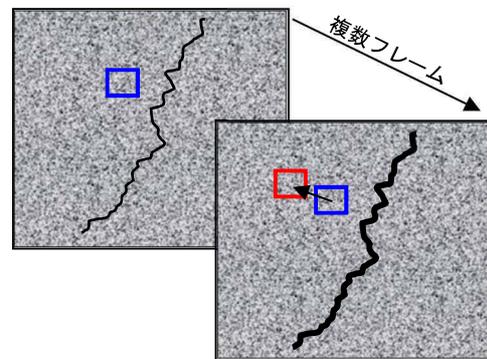


図-1 画像相関法によるひび割れ周辺の変位場評価

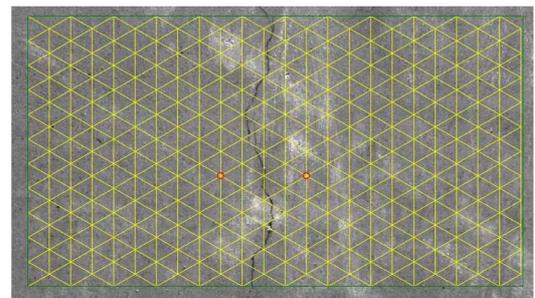


図-2 評価画像の離散化の例

### 3. 実橋梁での検証

3-1. 橋梁の概要 変状評価システムの検証として、写真-2に示す鋼桁橋に発生したき裂を対象とした。この橋梁の支承（可動）前面の主ウェブに写真-3に示すようにき裂が発生しており、支承には橋軸方向に変位した痕跡はみられないことから、固着化したことによる局部応力の発生と繰り返し変動に伴う疲労によりき裂が発生したと考えられた。このき裂の進展性を判断する上で、き裂先端の応力状態を把握する必要があるため、今回構築した画像評価システムを用いることとした。なお亀裂発生箇所は現在ジャッキで仮受けされており、補強工事も予定されている。

3-2. 現地撮影 小型カメラ（焦点距離 50mm）を用いて車両通過時のき裂周辺の状況を撮影した。構造物表面からカメラまでは850mm、フレームレートは100fpsとし、撮影時間は取り込むノートPCのメモリ制限から30秒間とした。なお画像はpng形式（モノクロ）で解像度は1920×1200pixである。今回の撮影条件では1画素あたり約0.1mmとなる。

3-3. 解析結果 3000枚の撮影画像から、任意の節点（図-3中○印）間距離の最大値・最小値を抽出し、その2枚の画像から各節点の変位とひずみを算出した。各節点の変位ベクトルを図-3(1)、要素の主ひずみをコンター図として図-3(2)に示す。なお、紙面の都合上き裂周辺のみを示している。車両通過に伴いき裂下方ほど開閉する方向に変位していることが分かり、活荷重の影響を受けき裂先端付近の鋼材応力が変動していることが推定される。主ひずみ算出結果はき裂に沿ってひずみが增大していることが確認でき、現地における不可視条件下での活用が考えられる。今回構築したシステムの精度検証のため、撮影範囲②における着目節点間の相対変位と、近傍のパイゲージによるき裂開閉量計測結果を比較することとした。撮影時間30秒間の変位を図-4に示す。なお、比較のためパイゲージの最大変位に合わせて、ピクセル単位の2点間相対変位を実距離に変換している。両者を比較すると1画素(0.1mm)以下の変位や振動特性も概ね一致していることから、画像相関手法の妥当性が確認できた。

### 4. おわりに

本手法は、構造表面保護工や補強用のシートが施されている場合でも内部ひび割れを推定することができる。今後はそのような不可視状況下においても、現地にて変状が推測される場合に簡易に構造物のひずみ状況を把握し、対策要否を迅速に判断するツールとして活用を図りたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 野村泰稔, 内山洸, 野阪克義, 日下貴之: 非接触変位場応答計測に基づく不可視損傷検出の基礎的研究, 土木学会論文集 A2, Vol.72, No.2, pp.1\_87-I\_96, 2016.



写真-2 対象橋梁全景

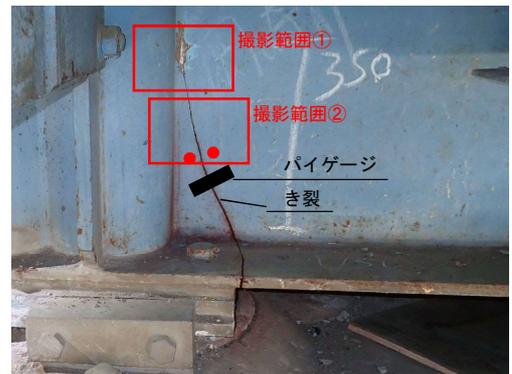
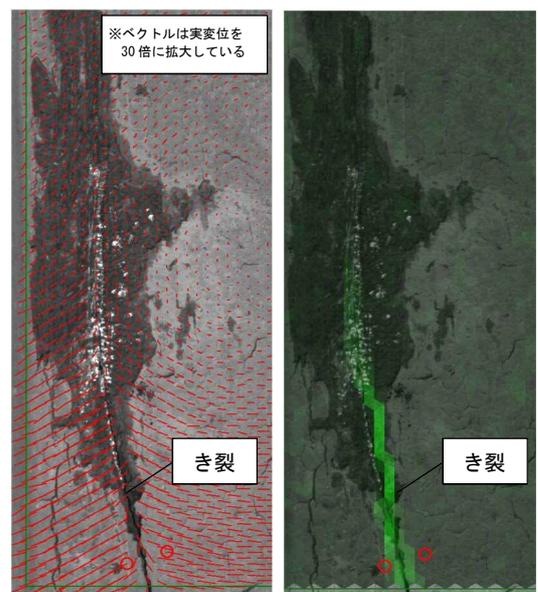


写真-3 対象橋梁全景



(1) 変位ベクトル (2) 主ひずみ  
図-3 解析結果画像 (撮影範囲①)

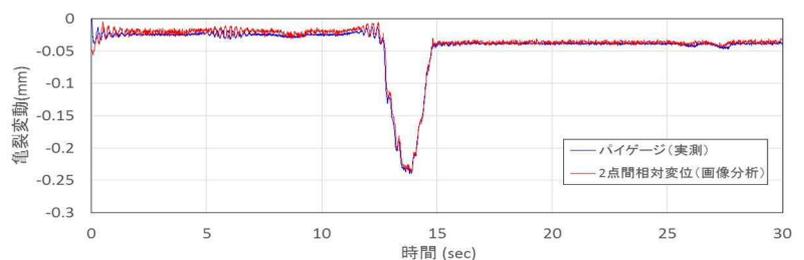


図-4 画像相関法によるひび割れ周辺の変位場評価