

コンクリートの圧縮試験に対するデジタル画像相関法の計測精度に関する検討

茨城大学 正会員 ○車谷 麻緒
 茨城大学 学生会員 邊見 哲一
 茨城大学 学生会員 小坪 祐輔
 茨城大学 学生会員 橋口 和哉

1. はじめに

土木材料として多用されるコンクリートは、セメント・細骨材・粗骨材からなる複合材料であるため、破壊進展の段階で複雑にひび割れが発生・進展していく。コンクリートのひび割れは構造物の力学性能や耐久性に影響を及ぼすため、コンクリートに生じるひずみやひび割れを定量化することが重要な課題である。

ひずみを計測する方法のひとつとして、ひずみゲージを貼付する接触式の計測方法がある。ひずみゲージは、貼付した位置における一方向のひずみしか計測できないうえ、ひび割れの発生個所を予測できないので、ひび割れの計測は不可能に近い。これに対して、近年、ひずみゲージに代わる計測手法として、デジタル画像を利用した計測手法が注目されている。その代表格であるデジタル画像相関法¹⁾は、変形前後の画像を撮影し、相関を利用して変位量を求める方法である。非接触かつ任意の計測範囲で多方向のひずみを計測できるため、ひずみのみならず、コンクリートに発生・進展するひび割れの計測にも応用することができる²⁾。しかし、その計測精度については、検証が十分とはいえ、コンクリートに適用した際の計測条件と計測精度の関係について、詳しく検討しておく必要がある。

そこで本研究では、コンクリート供試体の圧縮試験を対象に、デジタル画像相関法の計測精度について検証する。まず、ひび割れ発生前のひずみに対して、計測条件と計測精度の関係を示した後、ひび割れを計測して可視化するための条件について比較検討する。

2. デジタル画像相関法

画像相関法は、図-1に示すように、画像を検査領域と呼ばれる小領域に分割し、異なる2時刻の画像の間で、領域内の輝度値パターンが類似している領域を探索することにより、領域内の平均移動量を算出する方法である。輝度値パターンの類似性の評価には、相互相関関数¹⁾を用いる。

検査領域を画像内で一定の正方形とすると、正方格子状に変位ベクトルを計測することができる。画像相関法では、検査領域を小さくすると、計測される変位分布は高解像度になるが、検査領域の輝度値パターンの個性がなくなり、相関がとれなくなるので、計測精度は低下する。逆に、検査領域を大きくすると、計測精度は高くなるが、計測される変位分布の解像度が下がる。本研究では、正方形の検

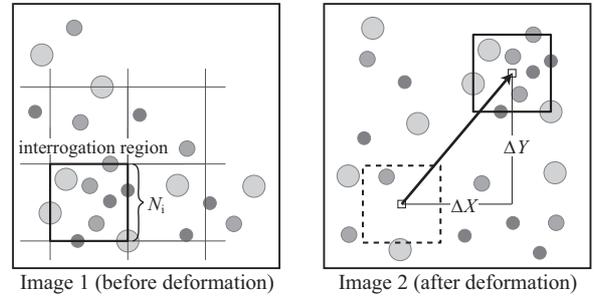


図-1 画像相関法の概要

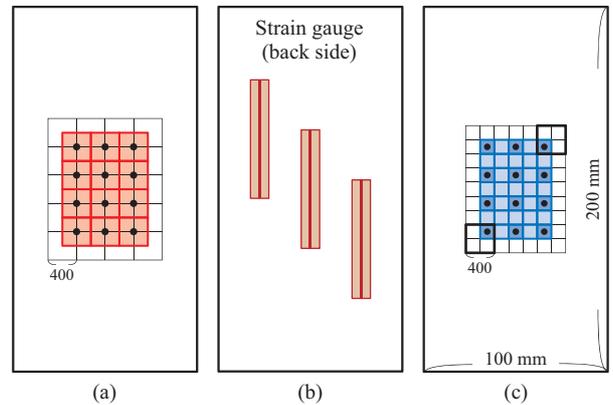


図-2 供試体における撮影面の計測点と裏側のひずみゲージ

査領域を隙間も重複もなく敷き詰めて配置する方法と、正方形の検査領域を半領域ずつ重複させて配置する方法の2ケースを採用する。

1 pixel未満の精度で変位ベクトルを計測するために、ガウス関数を利用したサブピクセル解析を導入する。正方格子状に変位分布を求めた後、四角形有限要素の変位-ひずみ関係式を用いてひずみを算出する。

3. 圧縮試験に対する計測精度の検証

3.1 計測対象と条件

コンクリート供試体の圧縮試験を対象に、画像相関法により計測されるひずみとひび割れの精度検証を行う。供試体の寸法は10 cm×20 cm×4 cmであり、万能試験機により圧縮試験を行う。供試体の撮影には、Nikon D5500 (2410万画素)のデジタル一眼レフカメラを使用し、明度を一定に保つためLED照明を使用した。撮影は、3秒毎に1枚とし、载荷速度は3 kN/minとした。画像相関の精度を上

キーワード：デジタル画像相関法，コンクリート，ひずみ計測，ひび割れ計測，圧縮試験

〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1, 茨城大学工学部, TEL: 0294-38-5162, FAX: 0294-38-5268

げるため、供試体の撮影面に対して、スプレーでランダム模様をつけた。

本研究では、画像相関法における検査領域のサイズと配置方法について検討する。ひずみの計測精度を検証するため、図-2 (b) に示すように、供試体の裏側にひずみゲージを貼付している。図-2 (a) は検査領域を隙間も重複もなく配置した例であり、図-2 (c) は検査領域を半領域ずつ重複させて配置した例である。ともに、検査領域のサイズは 400 pixel の例であり、裏側中央のひずみゲージに対応するように、黒丸で示した 12 点のひずみを計測対象とした。

3.2 ひずみの計測結果と考察

はじめに、ひび割れ発生前のひずみの計測精度を検証する。図-3 は、ひずみゲージの値と画像相関法 (DIC) の結果を比較したグラフである。横軸は裏側中央のひずみゲージの値、縦軸は画像相関法から得られる 12 点のひずみの平均値である。画像相関法における検査領域のサイズを 100, 200, 400 pixel とし、隙間も重複もなく配置したケースの結果を示している。検査領域のサイズを大きくすると、相関の精度が上がるので、ひずみゲージの値に近づいていくことが見て取れる。3 ケースの相関係数も図中に示しており、検査領域のサイズが大きくなるにつれて、相関係数の値が 1 に近づくことが分かる。ただし、検査領域のサイズを大きくすると、ひずみの計測精度は向上するが、計測点の数が少なくなることに注意が必要である。

3.3 ひび割れの計測結果と考察

コンクリート供試体が圧縮破壊する直前において、画像相関法から得られた最大主ひずみの分布を図-4 に示す。図の (a) は検査領域のサイズを 50 pixel とし、半領域ずつ重複させて検査領域を配置したケース、(b) は検査領域のサイズを 50 pixel とし、隙間も重複もなく検査領域を配置したケース、(c) は検査領域のサイズを 100 pixel とし、半領域ずつ重複させて検査領域を配置したケースの結果を示している。(a) と (b) を比較すると、検査領域のサイズは同じであるが、(a) は重複させて配置しているので、ひずみの計測点の数が多く、解像度の高い分布が得られている。(b) と (c) は計測点の数 (解像度) が同じになるが、(b) は検査領域のサイズが小さいので、相関の精度がやや低くなり、(c) よりもばらつきの多い結果となっている。よって、ひび割れの計測には、検査領域を重複させて、計測点を増やす方法が有効である。

4. おわりに

本研究では、コンクリート供試体の圧縮試験を対象に、デジタル画像相関法の計測精度について検討した。まず、ひび割れ発生前のひずみに対して、検査領域の大きさと検査領域の重複有無が計測精度に与える影響を示した。さらに、ひび割れの計測と可視化については、検査領域を重複させて、計測点を増やす方法が有効であることを示した。

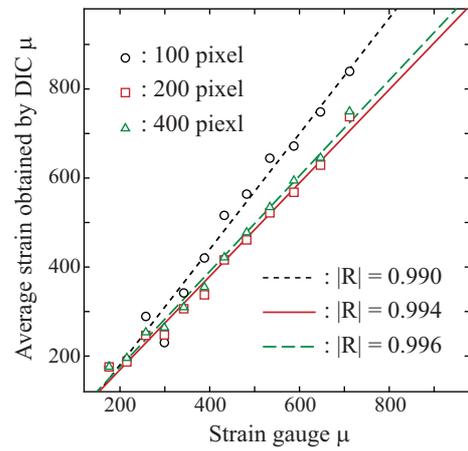


図-3 ひずみの計測精度の比較

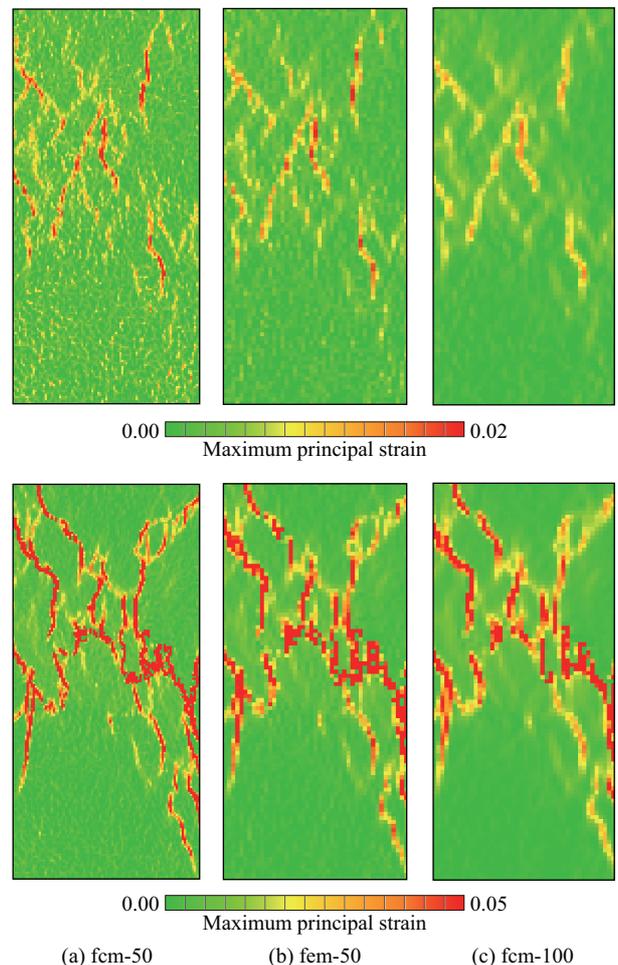


図-4 画像相関法によるひび割れの計測結果

参考文献

- 1) 可視化情報学会 (編): PIV ハンドブック, 森北出版, 2002.
- 2) 車谷麻緒, 松浦 遵, 根本 忍, 呉 智深: コンクリートのひび割れ進展計測のための画像解析手法に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol.70, No.2, pp.L135-L144, 2014.