# デジタル画像相関法によるコンクリート供試体のひずみとひび割れの計測精度に関する検討

茨城大学 学生会員 〇橋口和哉 茨城大学 学生会員 邊見哲一 茨城大学 学生会員 小圷祐輔 茨城大学 正会員 車谷麻緒

## 1. はじめに

コンクリートは、セメント・細骨材・粗骨材から成る 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 の破壊過程を解明することが重要な課題となっている.

コンクリートの破壊過程の変形を計測する方法として、 ひずみゲージによる接触式の計測方法がある.ひずみゲ ージから得られるひずみ値は貼付した箇所のみであるた め、ひび割れが複雑に進展していくコンクリートの破壊 進展を追跡することは困難である.そこで近年、非接触 で部材全域のひずみ計測が可能な計測方法として画像解 析手法が注目されている.画像解析における、コンクリ ートのひずみ計測の精度の高さは、画像解析においてひ び割れを定量化したときの妥当性を示すための重要な指 標となる.加えて、画像解析手法は様々な解析条件の設 定があるため、解析条件の違いが精度に与える影響を知 ることも重要である.

既往の研究として、畝田ら<sup>1</sup>は画像相関法を用いて解 析条件の違いによるひずみ測定の精度検証を行っている. しかしこの研究では、様々な解析条件による精度検証を 行っているが、試験体が均一材料である金属片であり、 不均一材料で複雑な破壊進展を辿るコンクリートの検討 は行われていない.内野ら<sup>2</sup>は画像相関法を使用してモ ルタルの圧縮試験におけるひずみゲージと画像解析で得 られたひずみの整合性を示したが、解析条件の違いによ る精度の検討は行われていない.このように、様々な解 析条件の違いにおいてコンクリートを対象にしてひずみ 計測の精度を検証している研究は少ない.

そこで本研究では、コンクリートの圧縮試験を対象に、 画像解析によるひずみの精度検証、およびひび割れ進展 計測に対する画像解析の最適な解析条件の調査を行う.

#### 2. 画像解析

本研究では車谷らの研究<sup>3</sup>に基づき,直接相互相関法 を用いて画像解析を行う.直接相互相関法は,画像を検



図-3 コンクリート供試体の荷重-変位関係 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の相関を相関関数によ り求め,変位量を算出する方法である.この手法により 得られた変位量からBマトリックスを用いてひずみを求 め,最大主ひずみの分布によりひび割れを可視化する.

# 3. コンクリート供試体の圧縮試験

## 3.1 試験概要

コンクリート供試体の寸法を図-1に示す. コンクリートの配合は、単位セメント量を383 kg/m<sup>3</sup>、単位水量を160 kg/m<sup>3</sup>、水セメント比を41.8%としている.供試体の撮影面には、画像解析を行う際に輝度値分布のランダム性を強めるために、試験前に赤と黒のアクリルスプレーを塗布した.そして、供試体の裏面には、ひずみゲージを図-1で示すように供試体中央に貼付した.画像解析で使用する画像は、デジタルカメラ Nikon D5500(2410 万画素)で撮影している.画像の撮影速度は、2秒間に1枚とし、載荷速度は3 kN/min とした.

### 3.2 画像解析条件

画像解析で用いるひずみの値は、図-2に赤い正方形で 示すようにひずみゲージ貼付位置と重なる撮影面中央の 12点のグリッドの平均値である.これは、検査領域400 pixelの場合を示しており、検査領域の大きさを変化させ ても測定グリッドの位置がずれないように、測定グリッ

キーワード コンクリート,画像解析,圧縮試験,直接相互相関法

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部 TEL. 0294-38-5151 FAX. 0294-38-5268

検査領域の大きさによる影響の検討は、検査領域は大 きくすると、輝度値パターンの移動を特定しやすくなる ため、ひずみの計測精度が向上すると考えられる.ここ では、検査領域を100,200,400 pixelの3パターンについ て検討する.

検査領域の重複の有無による影響の検討は、検査領域 を小さくすることなく、測定グリッドの解像度を高くす るために、検査領域を半領域重複させる方法がある.こ こでは検査領域200 pixelでの検査領域の重複の有無(以 降、検査領域を重複させていないものをfem、重複させた ものをfcm)について検討する.

# 4. ひずみの精度検証

コンクリート供試体の圧縮試験を対象に,画像解析で 得られるひずみの精度検証を行う.図-3に荷重-変位関 係を示す.図中の○はひずみの精度検証に使用した画像, □は最大主ひずみの分布によりひび割れの可視化に使用 した画像の荷重変位位置を示している.

ひずみゲージから得たひずみと画像解析から求めたひ ずみとの相関を、検査領域の大小に関して比較した結果 を図-4に、検査領域の重複の有無に関して比較した結果 を図-5に示す.結果から検査領域が大きいほどひずみ計 測の精度が高いことが分かる.検査領域の重複の有無に 関しては、精度の違いは見られなかったが、どちらも高 い精度で計測できていることが分かる.次に、検査領域 の大小・検査領域の重複の有無に関して縦軸に変動係数 をとり、ひずみ計測の測定グリッド毎のばらつきを比較 した結果を図-6に示す.結果より、検査領域が大きいほ ど、また検査領域の重複が無いほどばらつきが小さく、 ひずみ計測の精度が高いことが分かる.

次に、画像解析で求めた最大主ひずみの分布により、 ひび割れを可視化した結果の比較を行った.図-7に各解 析条件での画像解析で得られた最大主ひずみの分布と、 実際に撮影した供試体の画像を示す.結果から検査領域 が小さい方がひび割れの分布をより詳細に示しているこ とが分かる.また実際の画像と比較すると、肉眼では判 別できないひび割れの分布が得られていることが分かる.

#### 5. おわりに

本研究では、画像解析におけるひずみ計測の精度検証 で高い精度を得られる解析条件を確認できた. 且つ,ひ



図-7 ひずみ精度検証 (ひび割れ)

び割れの可視化も確認することができた.しかし,今回 は検査領域の大小,検査領域も重複の有無についての検 討に留まっているため,さらなる精度向上への解析条件 の検討が,今後の課題である.

#### 参考文献

- 前田道雄,奥畑峻,石川憲一:デジタル画像相関法 を用いた全視野変形・ひずみ測定の精度評価研究, 日本機械学会論文集(C編), Vol.76,2010.
- 内野正和, 佐川康貴, 尾上幸造: デジタル画像相関 法を用いたコンクリート供試体のひずみ計測, 日本 機械学会, 年次大会講演論文集: JSME annual meeting 2006(1),833-834.
- 3) 車谷麻緒,松浦遵,根本忍: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.70,2014.