

コンクリートのひび割れ発生に影響するひずみの比較検討

茨城大学 学生会員 ○会田 涼太
 茨城大学 学生会員 橋口 和哉
 茨城大学 正会員 車谷 麻緒

1. はじめに

コンクリート中にはセメントと粗骨材の境界に遷移帯とよばれる不連続な領域が存在する。この領域は、他の部分と比較しても空隙が多く強度が低いため、一般的にひび割れの発生箇所とされている。しかしながら、これらはコンクリート内部に存在するため、実際の現象として計測することは困難である。

コンクリート内部の挙動を評価するために、コンクリートをモルタルと粗骨材の二相材料として捉え、単純な形状に理想化した供試体を用いて実験的検討を行う研究は多い。和泉ら¹⁾は、骨材周辺の破壊挙動を調べるため、円柱状の粗骨材を配置したモルタル平板に光弾性皮膜を貼付した供試体を用いて圧縮試験を行い、骨材周辺におけるひずみの変化を調べた。しかし、定量的なひずみの計測が行われておらず、ひび割れ発生前のひずみの検討には至っていない。

近年、変形を定量的に計測する手法として、デジタル画像相関法に基づく画像解析が注目されている。この手法は、デジタルカメラで撮影した変形前後の画像からひずみ分布を算出する手法である。車谷ら²⁾はコンクリート供試体の破壊過程をデジタル画像相関法を用いて計測・可視化し、コンクリート表面のひずみ分布を定量的に評価できることを示した。

そこで本研究では、円柱骨材をモルタル供試体の中央に配置したコンクリート供試体を用いて圧縮試験を行い、供試体に分布するひずみをデジタル画像相関法を用いて計測・可視化することで、ひび割れの発生に影響するひずみを調べることを目的とする。

2. 画像解析手法

本研究で用いるデジタル画像相関法は、画像の輝度値パターン類似度を相互相関で評価し、変位量を算出する方法である。画像を検査領域と呼ばれる小領域

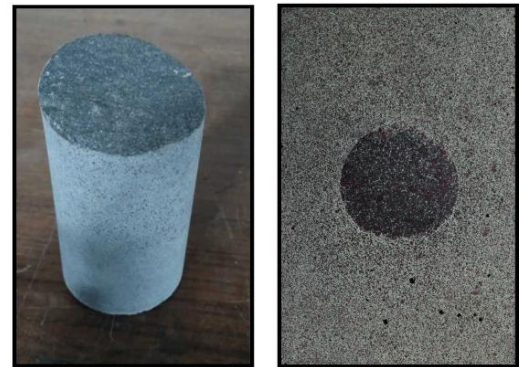


図-1 供試体概要

ごとに分割し、変形前画像の検査領域の輝度値パターンが、変形後画像のどの位置に移動したかを、次式に示す相互相関関数を用いて算出する。

$$R(\Delta X, \Delta Y) = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \{f(X_i, Y_j)\} \{g(X_i + \Delta X, Y_j + \Delta Y)\}}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \{f(X_i, Y_j)\}^2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \{g(X_i + \Delta X, Y_j + \Delta Y)\}^2}}$$

ここで、 $f(X_i, Y_j)$ は変形前画像の輝度値分布、 $g(X_i + \Delta X, Y_j + \Delta Y)$ は変形後画像の輝度値分布、 N は検査領域の一边の長さ(pixel)を表す。 $(\Delta X, \Delta Y)$ は元の検査領域の位置からの移動量を表し、検査領域の周辺の取りうる移動量すべてで計算を行い、それぞれの相関値 $R(\Delta X, \Delta Y)$ を算出する。これにより得られた相関値は $0 \leq R \leq 1$ の範囲をとり、 R が 1 に近いほど画像の輝度値パターンが類似していることを示す。上式で得られた R のうち、最も高い値を示す時の $(\Delta X, \Delta Y)$ をその検査領域の変位量とする。この流れを計測対象全域で行い、得られたひずみを用いて検査領域ごとにひずみテンソルを算出し、画像全域でのひずみ分布を求める。本研究ではひずみの比較を行うため、得られたひずみテンソルから最大主ひずみ、最小主ひずみ、最大せん断ひずみの 3 種類のひずみを算出する。

キーワード ひずみ デジタル画像相関法 骨材 遷移帯 コンクリート

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. 0294-38-526

3. 圧縮試験

3.1 試験体概要

デジタル画像相関法を用いた骨材周辺におけるひずみ分布を計測・可視化することを目的に、図-1 に示す角柱を用いて圧縮試験を行った。今回用いた粗骨材は、一般的な骨材材料である安山岩を直径 45 mm の円柱状にくり抜き、これを供試体の中央に配置して作製した。供試体の寸法は高さ 150 mm、幅 100 mm、奥行 65 mm とした。

3.2 画像解析条件

今回の解析では 13 枚の画像を用いて解析を行った。デジタル画像相関法を適用するにあたり、画像は 4000×6000 pixel の大きさの画像を用い、検査領域 40×40 pixel の条件を与えた。

4. 結果

図-2 にひび割れ発生前の最大主ひずみ、最小主ひずみ、最大せん断ひずみ分布を示す。また、図-3 にひび割れ発生後の最大主ひずみ分布とその方向ベクトルを可視化した結果を示す。可視化結果から分かるように、どのひずみも骨材周辺に分布していることがわかる。これは、モルタルと粗骨材で剛性が異なるため、ひずみが集中しやすいと考えられる。

図-2 より、最大主ひずみは円柱骨材の上下部にひずみが見られず、左右部にひずみが発生している。一方、最小主ひずみでは円柱骨材の左右部にはひずみがあまり見られず、上下部にひずみが集中していることがわかる。この結果および図-3 から、コンクリートにひび割れが発生する前に、コンクリート内部では、骨材周辺に及ぼす引張方向のひずみがひび割れ発生に影響しているのではないかと考えられる。

5. まとめ

本研究では、デジタル画像相関法を用いてひび割れ発生前にコンクリートに生じるひずみを計測することで、通常観察することのできないコンクリート内部の挙動を疑似的に計測し、ひび割れ発生前のひずみ分布を可視化した。

今後は、計測結果からひずみテンソルが得られることを利用して、ひずみごとの数値の比較や数値解析との比較を行い、定量的な評価を行う必要がある。

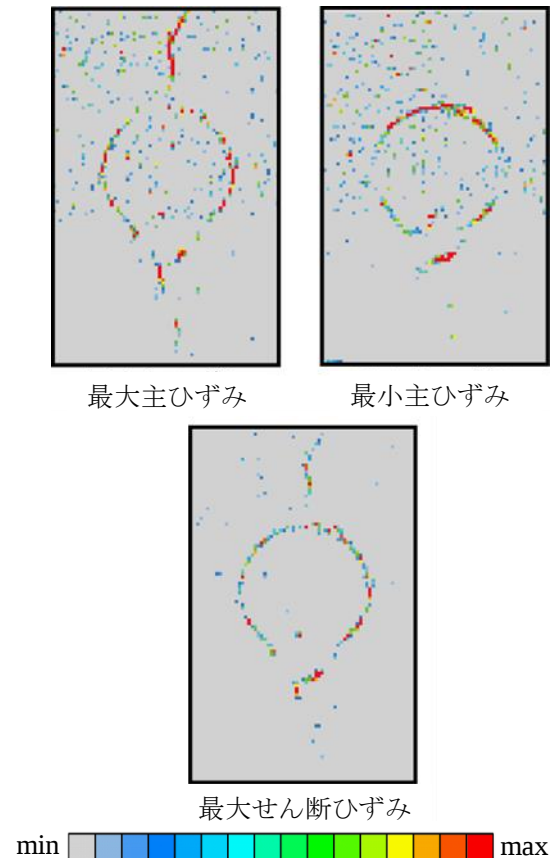


図-2 ひび割れ発生前の可視化結果

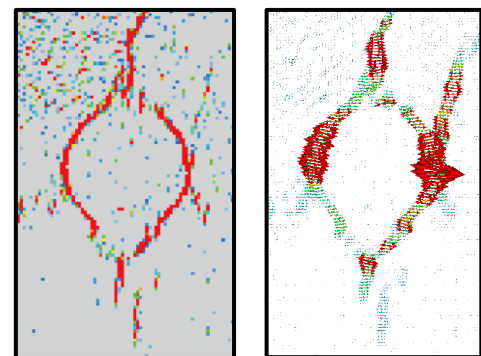


図-3 破壊時の最大主ひずみ分布と方向ベクトル

参考文献

- 1) 和泉正哲, 三橋博三, 佐々木達夫: コンクリートの圧縮破壊発生機構に関する基礎的研究, 日本建築学会論文報告集, 第 289 号, pp.11-25, 1980
- 2) 車谷麻緒, 邊見哲一, 小坪祐輔, 橋口和哉: コンクリート供試体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基礎的研究, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.73, No.2, pp.I_447-I_454, 2017