

神戸大学大学院 正会員 ○三木 朋広
 神戸大学 学生会員 林 大輔

1. はじめに

コンクリートの圧縮破壊現象は圧縮力を受ける部材全域ではなく、ある特定の領域に局所的に発生することが知られている¹⁾。一般に、コンクリートの載荷実験で用いられる変位計やひずみゲージは、計測装置の設置位置に依存するため、コンクリートの圧縮破壊を精度良く捉えることは困難である。破壊挙動を広く捉え、非接触に計測を行う手段として画像解析²⁾に着目した。本研究では、画像解析の手法の中で精度が期待できるデジタル画像相関法を用いて、局所的に圧縮力を作作用させたコンクリート供試体のひずみ分布を求め、コンクリートの圧縮破壊挙動を評価していく。

2. 実験概要

本実験で用いた供試体は、200mm×200mm×100mmの寸法を有するコンクリート角柱である。この供試体に対し、奥行き100mm、幅20mm、及び50mmの2種類の鋼材載荷版を用いて帯状載荷を行うことで、局所的に圧縮載荷した。実験ケースを表-1に示す。本実験における測定項目は、荷重、軸方向変位、コンクリート表面ひずみである。荷重はロードセルを用いて測定し、軸方向変位は供試体周辺に設置した4本の変位計の測定値を平均することで測定した。本手法による画像解析では、載荷に伴い200mm×200mmの供試体面両面に対して撮影を行った画像を用いた。

3. デジタル画像相関法による画像解析³⁾

デジタル画像相関法とは、実験時に得られた変形前後の測定対象のピクセル中の輝度値分布を用いて、任意の輝度値分布に類似する領域を算出する手法である。この処理を連続する領域において行うことで全視野における2次元的な変位量を得ることができる。本研究では、画像間の変位を計測するために用いる特定のピクセル領域のことをサブセットと呼ぶ。本研究では図-1に示すように供試体に解析範囲とサブセットを設定した。それぞれのサブセットの左上の座標値をサブセットの代表点とし、その点を有限要素（本研究では9節点アイソパラメトリック要素）の節点とした。まず、コンクリートの圧縮試験の前に、本研究では幅120mm、厚さ2mmの鋼材供試体を対象に一軸引張試験を行い、供試体表面に貼付けたひずみゲージ（長さ2mm）の測定値と本手法の解析結果を比較することで精度検証を行った。解析領域はひずみゲージ貼付け部裏面の領域とし、3種類のサブセットサイズ（単位ピクセル長0.007pix/mm）で解析を行い、解析領域の中央部の主ひずみを平均して比較した。

4. 実験結果と考察

図-2に本手法の精度検証の結果を示す。なお、載荷範囲は供試体の弾性範囲内とした。図-2より、サブセットのサイズが大きくなるほどひずみゲージの値に近づくことが分かる。これは、1つのサブセット内に存在するピクセル量が増加することで、類似領域計算の精度に影響したものと考えられる。

表-1 実験ケース

供試体名称	U-20	U-50	UL-50
載荷条件 (載荷上面)	載荷幅 20mm	載荷幅 50mm	載荷幅 50mm
載荷条件 (載荷下面)	全面設置 (摩擦有)	全面設置 (摩擦有)	載荷幅 50mm
解析範囲	2100×2100pix	2090×2090pix	2100×2100pix
サブセット サイズ	100×100pix	110×110pix	140×140pix

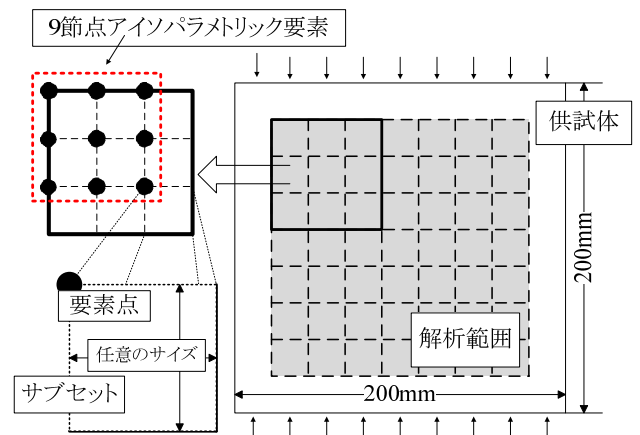


図-1 解析概要図

図-3～図-5 に本手法を用いて計測したコンクリート供試体の最大主ひずみ分布, 最小主ひずみ分布, ポストピーク及び終局時のひび割れ図を示す。いずれの供試体についてもポストピーク (ピーク荷重90%) の結果を示している。図-3 に示す U-20 の最小主ひずみ分布より, 荷重版直下領域に圧縮ひずみが卓越していることがわかる。また, U-50 の場合

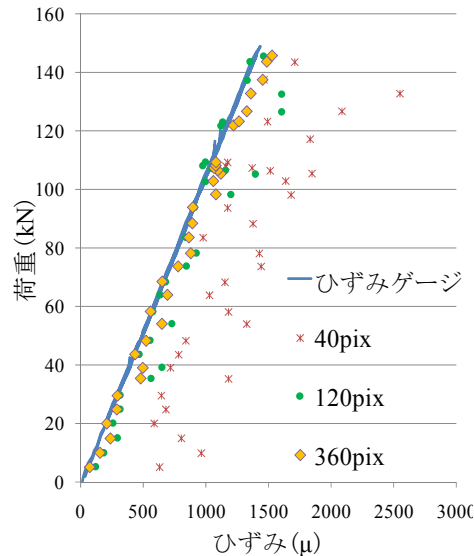


図-2 精度検証結果

(図-4), 供試体中央部に圧縮ひずみが局所化していることがわかる。この違いは, 荷重版と供試体の摩擦による変形拘束が影響していると考えられる。荷重幅が 50mm の U-50 では, 荷重版付近の変形が U-20 に比べ強く拘束されたことにより, 拘束力の小さな供試体中央部での変形が進展したと考えられる。また, 最大主ひずみ分布から引張主ひずみ卓越領域と供試体に発生したひび割れが一致することが確認できた。図-5 に示す UL-50 の供試体では, 荷重軸に直交方向に引張ひずみが卓越する領域が確認できた。これは, 供試体中央を局所的に圧縮したことで, 供試体両端に引張方向の力が作用したためと考えられる。

5. まとめ

本研究では, デジタル画像相関法を用いた画像解析及びその手法の精度確認を行った。本研究で得られた結論は以下の通りである。

画像鋼材供試体を対象にしたデジタル画像相関法の精度検証より, サブセットが大きくなるほど, 精度が向上したことを確認した。

コンクリート供試体に一軸圧縮試験を行い, 本手法を用いた画像解析により, 引張ひずみの卓越領域が供試体に生じたひび割れと一致し, コンクリートの圧縮破壊領域を本手法で計測可能であることが確認できた。また同じ試験結果より, 荷重幅が異なる U-20, U-50 供試体で, 圧縮ひずみの集中領域が発生位置, 領域の大きさで異なることを実験的に示した。

参考文献

- 1) Lertsrisakulrat, T., Watanabe, K., Matsuo, M. and Niwa, J.: Experimental Study on Parameters in Localization of Concrete Subjected to Compression, 土木学会論文集, No.669/V-50, pp.309-321, 2001.2
- 2) 東 広憲, 渡辺健, 三木朋広, 二羽淳一郎: 画像解析を用いた鉄筋コンクリートはりの破壊性状の予測, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, pp.793-798, 2008.7
- 3) 清水 雅夫, 奥富正敏: 領域ベースマッチングのための 2 次元同時サブピクセル相関法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-D-II No.2, pp.554-563, 2004.2

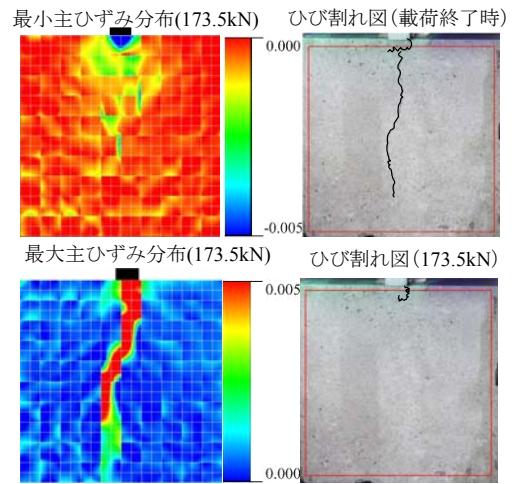


図-3 供試体 U-20

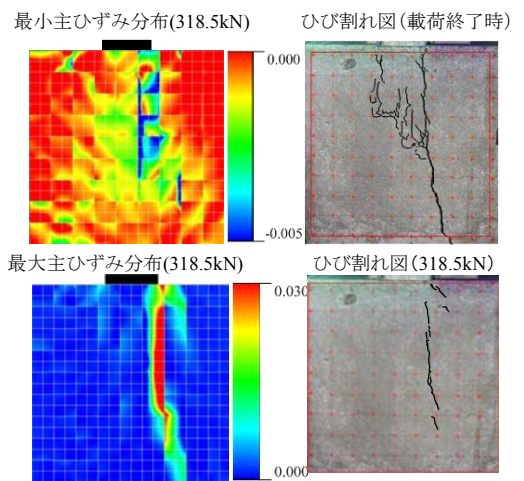


図-4 供試体 U-50

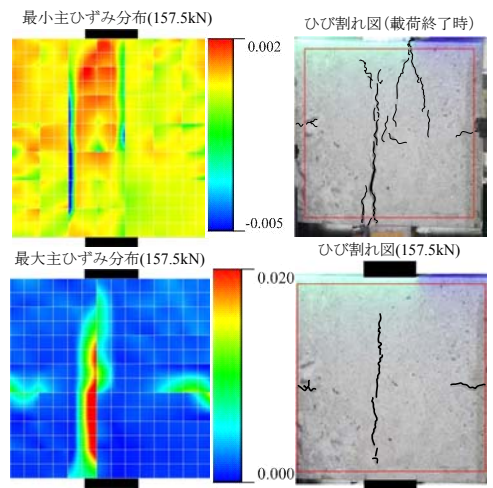


図-5 供試体 UL-50