

# 圧縮破壊する RC 部材に適した画像解析によるひずみ計測・算出手法の開発

東京工業大学大学院 学生会員 ○山本 剛史  
 東京工業大学大学院 正会員 松本 浩嗣  
 東京工業大学大学院 フェロー 二羽 淳一郎

## 1. はじめに

RC 部材の載荷試験では、ひずみゲージや変位計等を用いて測定した変形情報を元にその挙動を議論するのが一般的である。しかし、計測機器の設置位置及び方向に依存した情報しか得られないため、RC 部材の破壊機構を特定するのが困難であった。そこで近年注目されているのが、デジタルカメラで撮影した画像から撮影領域全体のひずみ分布を求めることができる画像解析である。松本ら<sup>1)</sup>は画像解析システムを拡張・改良し、複数のカメラによる撮影画像のリアルタイム解析を可能にした。しかし、供試体の面外方向への移動や回転によってひずみ算出に誤差が発生することや、ひずみ算出方法が引張りひずみに特化したものであるなど、圧縮ひずみ計測への適用が困難であるという問題点を有していた。

本研究では、供試体の面外方向への変位による誤差の補正方法の開発と、圧縮ひずみに対するひずみ算出方法の開発を行った。RC ディープビームの載荷試験に改良したシステムを適用し、その有用性を検討した。

## 2. 画像解析システムの概要

システム構成を図 1 に示す。ターゲットを貼付した供試体の画像を撮影すると、有線または無線 LAN を介してコンピュータに画像が転送され、解析が行われる。画像が持つ歪みを補正し、画像上の寸法を画素(ピク

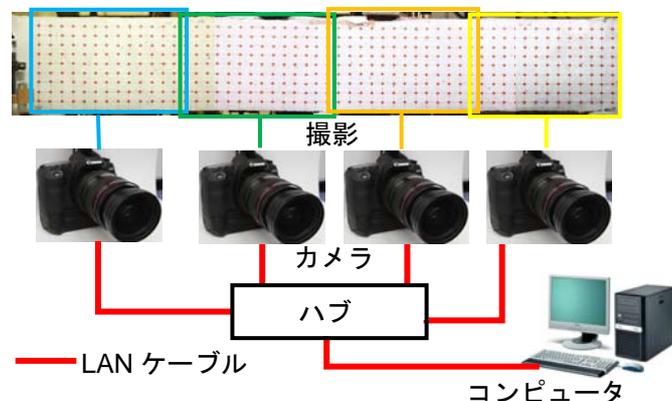


図1 画像解析システムの構成

セル)単位から mm 単位に変換するために、載荷試験前に各カメラでキャリブレーションを行う。各カメラの撮影画像は統合され、グレースケール処理と 2 値化処理が施される。この 2 値化画像からターゲットの輪郭を抽出、円近似を行い、近似円の重心座標を算出する。そして、載荷前及び各荷重段階の重心座標を有限要素モデルに組み込み、ひずみを算出し、ひずみ分布図を表示する。

## 3. システムの改良点

### 3. 1 供試体の面外方向への変位による誤差の補正

本画像解析システムは、供試体の 2 次元的な変形を対象としており、供試体の面外方向への変形や変位が生じると誤差が発生する。この誤差は、面外方向へ撮影面が移動することにより画像が拡大・縮小され、擬似的なひずみが発生することによるものである。そこで本研究では、変位計によって供試体の面外方向への変位を計測した。その計測値及び供試体とカメラの幾何学的条件から、撮影面の移動による画像の拡大・縮小に伴うターゲット座標の誤差を計算し、これを基に誤差の補正計算を行った。

### 3. 2 圧縮ひずみに適したひずみ算出手法の開発

松本らによるシステム(以下、旧システム)のひずみ算出プログラムでは、図 2(a)に示すようにターゲットにより構成される格子点を更に 30 分割し、それぞれ

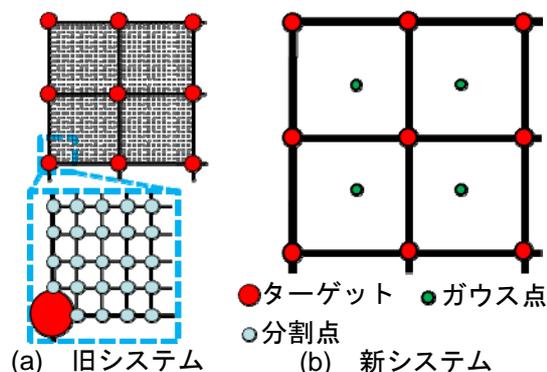


図2 ひずみの算出点

キーワード 画像解析, 面外方向変位, 圧縮ひずみ, ひずみの局所化, RC ディープビーム

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-17 TEL 03-5734-2584

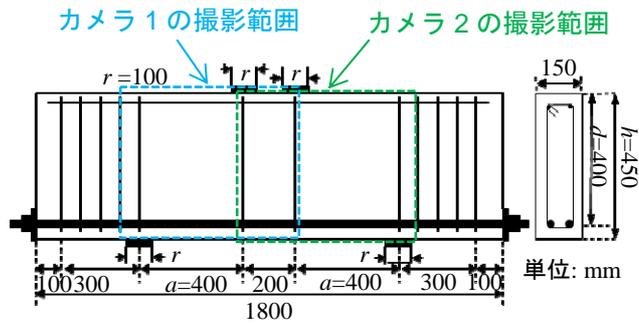


図3 供試体概要

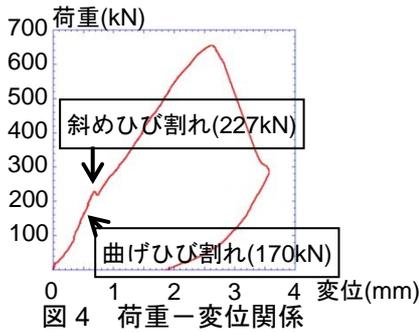


図4 荷重-変位関係

の点においてひずみ値を算出している．この手法は、変形の局所化が著しい引張応力下でのひずみ（ひび割れ）に適したものと考えられるが、圧縮ひずみの局所化領域は引張ひずみと比較して大きい．そのため、圧縮ひずみに対しては、ある程度の大きさの領域内の平均的なひずみで表現することが妥当であると考え、図2(b)に示すように、要素内のガウス点におけるひずみ値を算出することとした．以下、改良されたシステムを「新システム」と呼ぶ．

#### 4. RC ディープビームの荷重試験への適用

##### 4. 1 荷重試験の概要

RC ディープビームの荷重試験に対して、本研究で改良したシステムを適用し、圧縮ひずみの計測に対する有用性を検討した．図3に供試体概要図を示す．供試体の両支点間を、2110万画素（横5616画素、縦3744画素）を持つ2台のデジタルカメラで撮影した．

図4に荷重-変位関係を示す．斜めひび割れ発生後も荷重が増加し続け、左側のせん断スパンの荷重点付近に新たなひび割れの発生が複数確認され、654.4kNでピーク荷重を迎えた．ピーク荷重後の588.8kNでは、左側のせん断スパンの荷重点付近でコンクリートの圧縮破壊が確認された．

##### 4. 2 新旧システムによる画像解析結果の比較

図5に、旧システムを用いて得られた、ポストピーク時(610.0kN)の主圧縮ひずみ分布を示す．荷重点と支点を結ぶ直線上にひずみの局所化領域が形成されてい

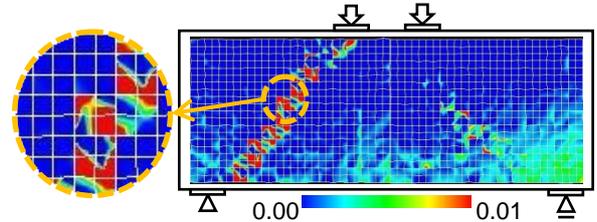


図5 ポストピーク時の主圧縮ひずみ分布(旧システム)

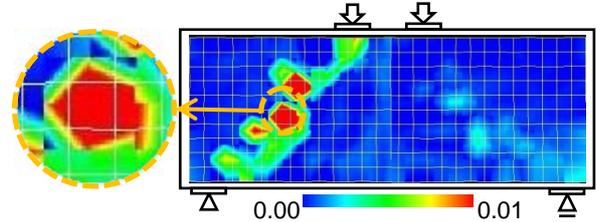


図6 ポストピーク時の主圧縮ひずみ分布(新システム)

ることがわかる．また、右側のせん断スパン下部の領域に  $2000 \times 10^{-6}$  程度の主圧縮ひずみが分布していることがわかる．通常、RC ディープビームの圧縮ひずみは荷重点と支点を結ぶ直線上に分布することが知られており、このひずみは面外方向への変位で生じた誤差による擬似的なひずみと考えられる．また、ひずみが要素境界上で不連続に分布していることも、実際のひずみ分布とは異なる点である．

図6に、新システムを用いて得られた、ポストピーク時(610.0kN)の主圧縮ひずみ分布を示す．図5に見られたような要素境界上におけるひずみの不連続性は確認できない．また、右側のせん断スパン下部の領域に見られた擬似的なひずみ分布も確認できない．このように、新システムにより要素形状に依存しない、面外方向の変位による誤差を取り除いたひずみ分布を得ることができた．

#### 5. 結論

- (1) 供試体の面外方向への変位に起因する誤差の補正方法を開発し、RC ディープビームの荷重試験に適用した．その結果、誤差により生じる擬似的なひずみを取り除くことに成功した．
- (2) 圧縮ひずみに対するひずみ算出方法を開発し、RC ディープビームの荷重試験に適用した．その結果、ひずみの不連続性を有さない、良好なひずみ分布図を得ることに成功した．

#### 参考文献

- 1) 松本浩嗣, 佐藤孝昭, 二羽淳一郎: 広域化リアルタイム画像解析システムの高速度とRCはりの破壊形態評価, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.67, pp.129-130, 2012.9.