

コンクリートのひずみ分布計測へのデジタル画像相関法の適用性に関する検討

福岡大学工学部 正会員 ○尾上 幸造
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴
九州大学大学院 正会員 松下 博通

1. はじめに

近年、構造物の複雑化や維持管理意識の高まり等により、コンクリート構造物の変形を全視野的に計測できる方法の確立が求められている。本研究では、非接触的な方法により面的な計測が可能なデジタル画像相関法を用い、圧縮力を受けるモルタル供試体表面のひずみ分布について調べるとともに、非接触ひずみ計測のコンクリート分野への適用の可能性について検討した。

2. デジタル画像相関法の原理

図 - 1 にデジタル画像相関法の原理を示す。変形前後の画像において、256 濃度階調をもつ複数の画素からなる小領域（サブセット）を考え、双方のサブセットのパターンを同定することにより、中心点の移動量を求めることができる。

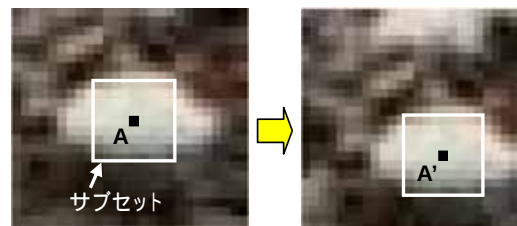


図 - 1 デジタル画像相関法の原理

3. 実験概要

セメントには普通ポルトランドセメント（密度 3.16g/cm^3 ，比表面積 $3250\text{cm}^2/\text{g}$ ），細骨材には海砂（表乾密度 2.55g/cm^3 ，吸水率 1.52%）を用いた。モルタルの水セメント比は 35%および 50%とした。供試体には $4 \times 4 \times 8\text{cm}$ ， $10 \times 10 \times 10\text{cm}$ および $10 \times 10 \times 20\text{cm}$ の角柱を用いた。打設後 24 時間で脱型し，材齢 7 日まで水中養生したのち，実験室内にて気中乾燥させ，材齢 91 日以降，気中にて圧縮試験を行った。

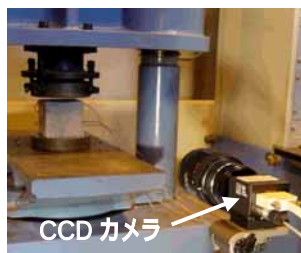


図 - 2 試験状況

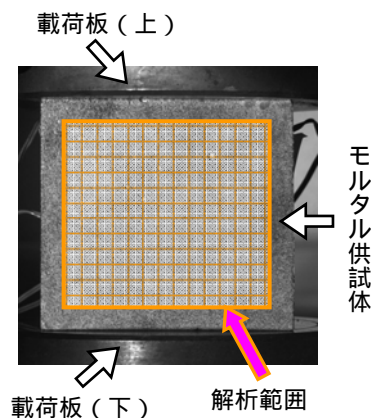


図 - 3 ひずみ解析範囲

圧縮試験は 2000kN 耐圧試験機により行った。図 - 2 に試験状況を示す。荷重約 20kN ごとに CCD カメラ（400 万画素）にて供試体表面を撮影し，試験終了後，画像相関法により供試体表面のひずみを解析した。画像相関法におけるパターン認識を容易にするため，供試体表面に黒色スプレーを噴霧し，斑点状に着色した。図 - 3 にひずみ解析範囲を示す。また，デジタル画像相関法で求めたひずみと比較するため，供試体側面にひずみゲージ（検長 60mm）を貼付し，ひずみを測定した。

サブセットは，大きすぎると計算に時間がかかるとともに空間分解能を低下させるが，小さすぎるとパターン認識の精度が低下するという特徴を有する。本実験では，予備実験によりひずみの平均値および標準偏差が収束し，かつ計算速度の速かった 50×50 画素をサブセットの大きさに設定して解析を行った。

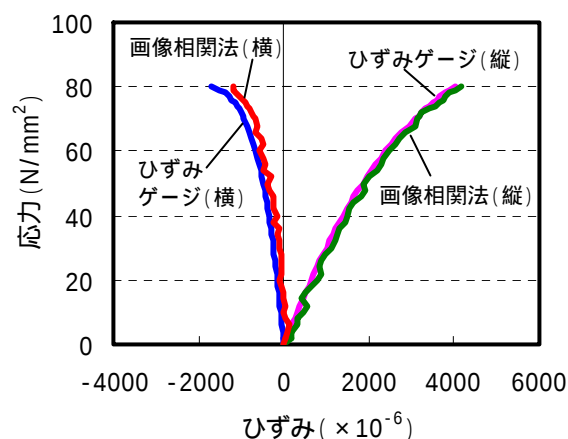


図 - 4 デジタル画像相関法とひずみゲージによるひずみの比較

キーワード：デジタル画像相関法，非接触ひずみ計測，サブセット，減摩載荷，偏心載荷，局所ひずみ
連絡先 〒812-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学コンクリート実験室 TEL 092-871-6631

4．実験結果および考察

図 - 4 に水セメント比 35%, 供試体寸法 $10 \times 10 \times 20\text{cm}$ の場合について, デジタル画像相関法およびひずみゲージによる供試体中央部のひずみの比較を示すが, 両者はよく一致している。これは他の場合についても同様であった。デジタル画像相関法を用いることにより, ひずみゲージと同等の精度でひずみ計測が可能であると言える。

図 - 5 に水セメント比 50%, 供試体寸法 $4 \times 4 \times 8\text{cm}$ の場合について, (A) 通常载荷および (B) シリコングリースを塗布したテフロンシートを供試体と载荷板との間に挿入し, 端面摩擦を減じた減摩载荷を行った場合の横ひずみ分布 (最大応力の 90% 時) の比較を示す。通常载荷では摩擦の影響により, 上下端面に横ひずみが生じない領域 (青色) が存在するが, 減摩载荷では上下端面においても横ひずみが発生していることが確認できる。

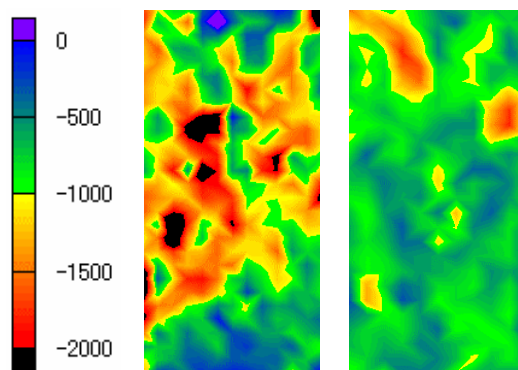
図 - 6 に水セメント比 35%, 供試体寸法 $10 \times 10 \times 20\text{cm}$ の場合について, 偏心载荷 (偏心量 = 3cm) を行った場合の縦ひずみ分布 (最大応力の 90% 時) を示す。载荷部とそれ以外で縦ひずみの大きさが顕著に異なっていることが確認できる。

図 - 7 に水セメント比 35%, 供試体寸法 $10 \times 10 \times 10\text{cm}$ の場合について, 一軸圧縮荷重を受けるモルタル供試体のひずみ分布の変化を示す。プレピーク領域においても測定位置によってひずみの違いが生じていることが分かる。さらに, 供試体表面に目視でひび割れが確認される以前の測定時 3 において, 縦, 横方向ともに他とひずみが顕著に異なる領域が認められ, これは実際にひび割れが生じた位置とほぼ一致している。

5．まとめ

非接触的な方法であるデジタル画像相関法を用いることにより, ひずみゲージと同等の精度でモルタル表面のひずみを測定できる。また, 全視野的にひずみ分布を計測することにより, ひずみが局所化する様子を捉えることができた。

謝辞：本研究は, 科学研究費補助金基盤研究 (B) (研究代表者：長崎大学 松田浩, 課題番号：17360217) の一環として行ったものであり, 関係者各位に謝意を表します。



(A) 通常载荷 (B) 減摩载荷

図 - 5 通常载荷および減摩载荷による横ひずみ分布の比較

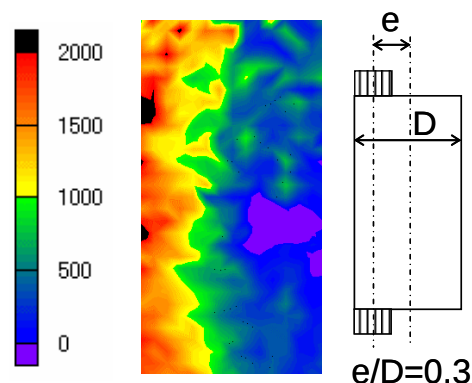


図 - 6 偏心载荷時の縦ひずみ分布 (偏心量 = 3cm, 最大応力の 90% 時)

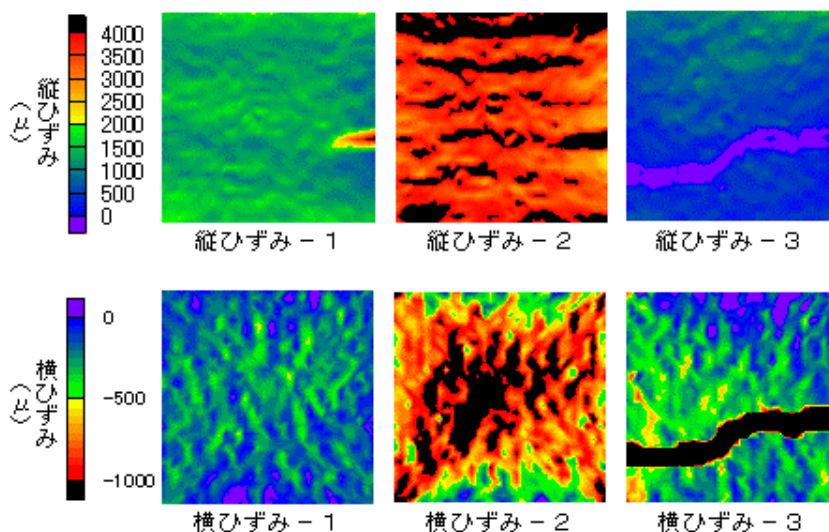
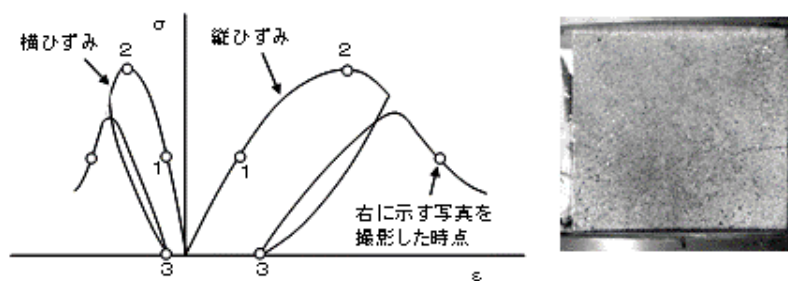


図 - 7 一軸圧縮荷重を受けるモルタル供試体表面のひずみ分布