

画像計測法による RC 柱の変形特性測定の精度と適用性

福山大学工学部（正） 宮内 克之 福山大学大学院（学）○荒川 裕介

1. はじめに

写真測量を応用した画像計測法を用いると、同時に多数の測定点を観測でき、鉄筋コンクリート（RC）部材の変形特性（曲率、柱部鉄筋の基礎からの拔出し量など）を詳細に把握することが可能となる。そこで本研究では、画像計測法を用いて RC 柱の変形特性を測定する際の精度とその適用性について検討した。

2. 実験概要

計測対象は表－1 に示す 6 体の RC 柱である。

画像計測用の測定点として直径 5mm の反射ターゲットを貼り付けた（写真－1 中の点）。測定点の貼付け位置は、前面に 7 列×21 段（7 列：柱中央、中央から±35mm、軸方向鉄筋位置、端部より 5mm の位置、21 段：25mm 間隔）設置した。柱部側面の中央にも、基礎から 25mm 間隔で測定点を設置した。載荷前後の変形量を求める際の不動点とするため、柱基礎部分にも測定点を設置した。

載荷方法は変位制御とし、軸方向鉄筋のひずみが降伏点ひずみに達した時点の載荷点の変位 δy を基準とし、 $\pm \delta y$ 、 $\pm 2 \delta y$ 、 $\pm 3 \delta y$ 、…と順次変位を増加させていった。

写真撮影は各変位のピーク時に行った。標定を行うための基準板を試験体の正面に設置し、試験体の前面 5 ヶ所から、それぞれカメラを 90° 回転させて 2 枚ずつ、計 10 枚の写真を撮影し、それを 1 セットとした。撮影距離は 2.5～3.5m である。カメラは約 600 万画素のデジタルカメラを使用した。

3. 計測精度

(1) 座標値の算定精度

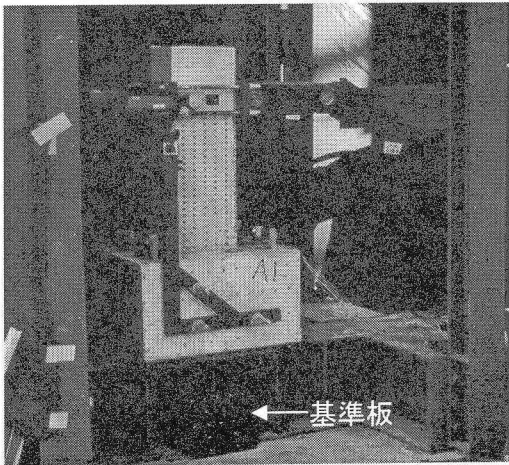
各測定点の像の数（写真の枚数）、および像の良否は座標値算定の精度に大きく影響を及ぼす。本研究では、像の数が 5 個以上の測定点について座標値を算出し、像の良否に関しては残差の大きさ（閾値：0.0007mm）によって管理した。図－1 に全試験体の正載荷時の測定精度（残差の標準偏差の 2 乗平均の平方根）を示す。本研究により得られた残差の標準偏差は約 0.020mm 程度であった。

(2) 変形量の算定精度

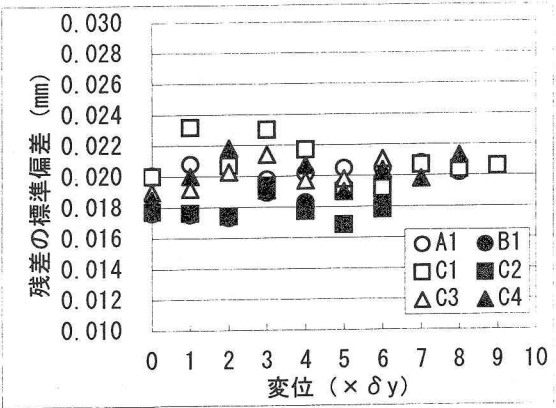
柱基礎部分の測定点を不動点とし、基準状態（載荷前の状態）に対する各変形時における測定点の変形量（相対座標値）を算出した。図－2 は、基準状態に対する不動点の重ね合わせ誤差を示したものである。重ね合わせ誤差は $\sigma=0.016 \sim 0.026\text{mm}$ 程度であった。したがって、本研究における各測定点の変形量の算定精度は概ね $\sigma=0.030\text{mm}$ 程度以下と

表－1 実験計画

試験体	断面寸法 (d×b)mm	軸方向鉄筋	せん断補強
A1	200×200	6D13	D6-75mm
B1	140×180	4D16	D6-150mm
C1	160×200	6D13	D6-75mm
C2	160×200	6D13	D6-100mm
C3	160×200	6D13	D6-150mm
C4	160×200	4D16	D6-100mm



写真－1 試験の様子



図－1 計測精度

考えられ、実用上十分な精度で計測ができています。

4. 画像計測法の適用性について

(1) 平均曲率

図-3 に一例として C2 の平均曲率の分布を示す。図より、ひび割れ発生に伴う曲率変化の様子が詳細に把握できていることがわかる。平均曲率は柱部の中心から±35mmの位置における各測定点の鉛直方向の相対変位を用いて(1)式により算出した。

$$\phi = (\angle y_t - \angle y_c) / (D \cdot \angle h) \quad (1)$$

ここで、 $\angle y_t$ 、 $\angle y_c$ ：計測区間における引張側、圧縮側 35mmの位置における鉛直方向の相対変位、D：引張側と圧縮側の測定点間の距離（70mm）、 $\angle h$ ：測定点間の高さ方向の距離（25mm）である。

(2) 軸方向鉄筋の拔出しに伴う剛体回転

軸方向鉄筋の拔出しに伴う鉛直方向の変位量の変化の様子の一例（C1）を図-4 に示す。鉛直方向の変位量は、柱基礎から 25mm の位置の測定点の鉛直方向変位量とした。

繰返し変位が増加していくにつれ、軸方向鉄筋の拔出し量が大きくなり、剛体回転が増大していく様子が把握できていることがわかる。

(3) セン断変形量

せん断変形量の変化の様子の一例を図-5 に示す。せん断変形量は、全水平変位から主鉄筋の拔出しによる柱部の剛体回転に伴う変形量および平均曲率を高さ方向に積分して得られる曲げ変形量を差し引いて求めた。

画像計測法を用いることで変位の増大に伴う、せん断変形量の変化の様子が詳細に把握できていることがわかる。

5. まとめ

画像計測法を用いると十分な精度（ $\sigma = 0.030\text{mm}$ 程度）で計測することが可能である。したがって、平均曲率、軸方向鉄筋の基礎からの拔出し量およびせん断変形量などの変形特性を詳細に把握することが可能である。

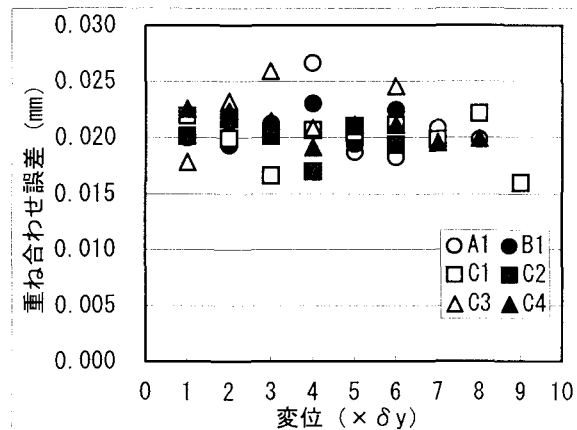


図-2 重ね合わせ誤差（標準偏差）

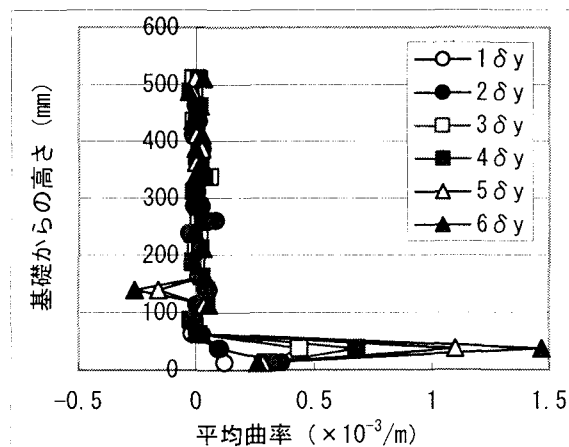


図-3 平均曲率（C2）

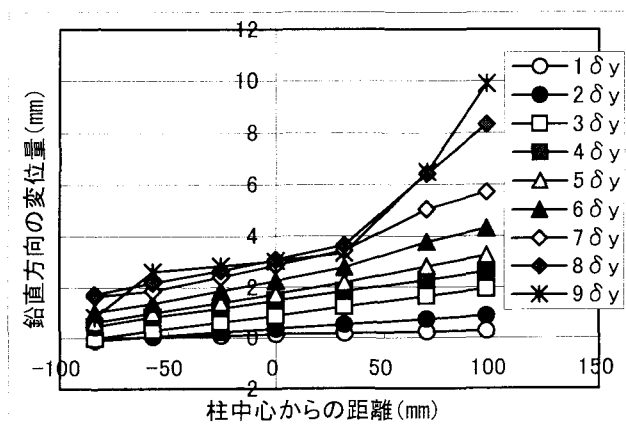


図-4 軸方向鉄筋の拔出しに伴う鉛直方向の変位量（C1）

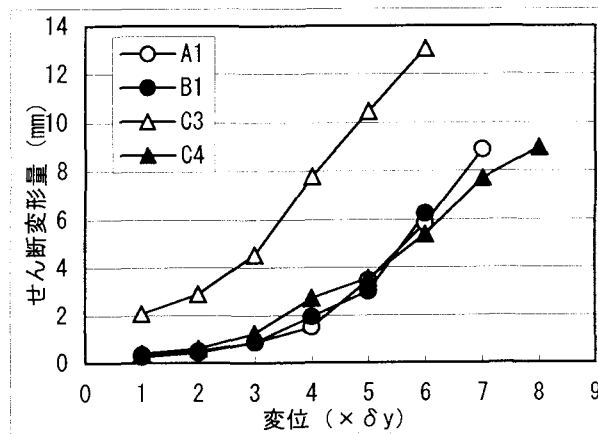


図-5 セン断変形量の変化の様子