

画像計測法を用いた RC 柱の変形特性の測定

福山大学 正会員 ○宮内克之
四国職業能力開発大学校 秋本圭一

1. はじめに

鉄筋コンクリート柱に対する正負交番繰返し載荷試験を実施する際には、荷重および載荷点変位が計測されるのが一般的である。曲率、ひび割れ性状、柱部の基礎からの拔出し量などは、通常では測定が難しいことに加えて、経費と労力がかかり、計測されることは稀である。しかし、これらの変形特性は塑性域での挙動を解明するためには、その詳細を知る必要がある。画像計測法を用いると、多数の測定点を同時に観測でき、この問題の解決策の一つとして有望と考えられる。本報告は、著者らの一人が開発したデジタル画像を用いる計測法¹⁾により、RC 柱の変形特性の測定の可能性について検討したものである。

2. 計測法の概要

実験の様子を写真-1に示す。計測の対象とした RC 柱には、軸方向鉄筋として、D16 を 4 本、せん断補強筋として D6 の帯鉄筋を 150mm 間隔で配置した。

主鉄筋が降伏した時点の載荷点の変位 δ_y を基準に、順次変位を増加させながら、正負交番繰返し載荷を行った。

測定点として専用の反射ターゲット（直径 5 mm：写真-1 中の白点）を貼り付けた。ターゲットは、柱前面に 5 列（中心、 $\pm 30\text{mm}$ 、 $\pm 55\text{mm}$ ） \times 20 段（25mm 間隔）、柱左右載荷面中央にそれぞれ 1 列 18 段（25mm 間隔）、基礎部分に 20 点設置した。

標定を行うための基準板（写真-1 中の黒板）を試験体の傍らに設置し、左上下、正面、右上下方向の 5 ヶ所からそれぞれカメラを回転させて 2 枚ずつ、計 10 枚の写真撮影した。撮影距離は 2~3m である。写真の撮影は、載荷前の状態（以下、基準状態）、正負変位のピーク時および変位ゼロ時について行った。使用したカメラは、約 600 万画素のデジタルカメラで、焦点距離は 18mm である。撮影は絞りをできるだけ絞り、ストロボを用いて行い、画像を撮影段階で可能な限り 2 値化し精度の向上を図った。

各段階における 10 枚の写真から、各測定点の 3 次元座標値を算出した。更に、荷重が作用しても基礎部分の変形はほとんど生じないことから、基礎部分の測定点の座標を不動点として、基準状態に対する各測定点の相対座標値（移動量）を算出した。測定精度は $\sigma = 0.02\text{mm}$ 以上であり、十分な精度で計測ができています。

3. 考察

(1) 主鉄筋の拔出しに伴う柱部の回転

図-1 は、柱部最下段の測定点の垂直変位の一例を示したものである。図より、変位量は直線的に変化しており、柱基部に発生したひび割れおよび主鉄筋の拔出し量の拡大に伴って、柱部が回転していることがわかる。したがって、(1)式により主鉄筋の拔出しに伴う載荷点での水平

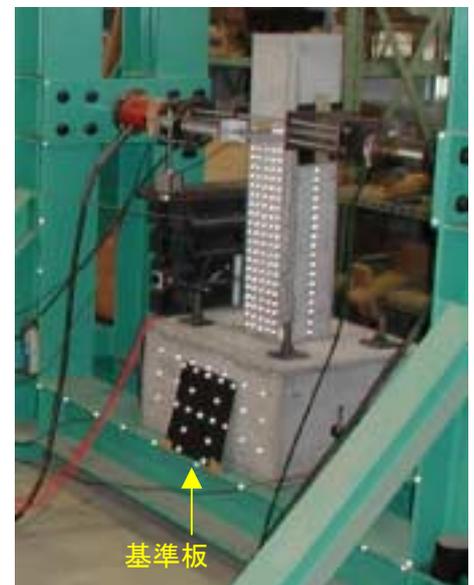


写真-1 実験の様子

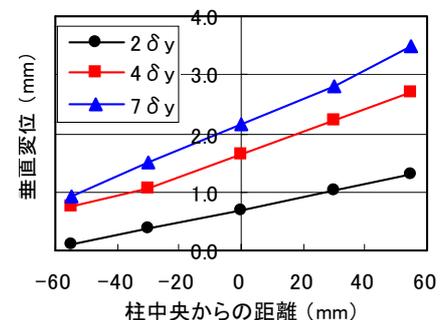


図-1 柱部の垂直変位の一例

キーワード：画像計測，デジタルカメラ，RC 柱，変形，曲率

連絡先：〒729-0292 福山市学園町一番地三蔵：TEL 084-936-2111：FAX 084-936-2023

変位 δ_h を求めることが可能である。

$$\delta_h = \theta \cdot h \quad (1)$$

ここに、 θ ：柱部の回転角、 h ：基礎から
 載荷点までの距離である。

(2) 曲率および曲げ変形

図-2に高さ方向の曲率（測定点間の平均曲率）の変化の様子の一例を示す。平均曲率 ϕ は柱部の中心から $\pm 55\text{mm}$ の位置における各測定点の垂直方向の相対変位を用いて(2)式により算出した。曲げひび割れ発生位置で曲率が大きくなっていることがわかる。更に 25mm 区間における平均曲率を(3)式により数値積分すると、載荷点での曲げによる水平変位 δ_b を求めることができる。

$$\phi = \frac{\Delta y_t - \Delta y_c}{D \cdot \Delta h} \quad (2)$$

$$\delta_b = \int_0^h \phi \cdot y \, dy \quad (3)$$

ここで、 $\Delta y_t, \Delta y_c$ ：計測区間における引張側、圧縮側 55mm の位置における垂直方向の相対変位、 D ：引張側と圧縮側の測定点間の距離（ 110mm ）、 Δh ：測定点間の距離（ 25mm ）、 y ：載荷点からの距離である。

(3) せん断に伴う変形量

せん断ひび割れの発生に伴う載荷点での水平変位は、全水平変位から主鉄筋の拔出しに伴う水平変位および曲げによる水平変位を差し引いて求めることができる。載荷点での水平変位は、ターゲットの設置が不可能であるため測定されていない。しかし、載荷点近傍における柱部の変形がほぼ直線的であることから、載荷点から $50 \sim 150\text{mm}$ における5点の水平変位を直線近似して、載荷点での水平変位を算出した。図-3は繰返し載荷に伴うせん断変形量の変化の様子を示したものである。 $4\delta_y$ を越えるとせん断ひび割れが発達して、せん断変形量が増大していく様子が伺える。 $9\delta_y$ になるとカバーコンクリートの剥落が激しくなっており、必ずしも正しく算出されていない。

(4) ひび割れ性状

図-2に、各測定点の水平方向の相対変位をせん断ひび割れの幅、垂直方向の相対変位を曲げひび割れの幅と想定したひび割れの分布状態の一例を示す。ひび割れの発生位置および発生パターンは写真とよく一致しており、ひび割れ性状の把握に関しても本計測法が有効であることがわかる。

4. まとめ

デジタル画像を用いる計測法により、RC柱の変形特性の測定の可能性について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 本計測法により十分な精度で計測が可能である。
- (2) カバーコンクリートが剥落するまでは、曲率を精度よく求められる。また、主鉄筋の拔出しに伴う変位も精度よく算定できることから、せん断に伴う変形量を算定できる。
- (3) 各測定点の相対変位を用いることにより、ひび割れの発生位置およびひび割れ幅の計測に関しても可能性がある。

参考文献：1) 秋本圭一 他，画像計測法のトンネル内空形状計測への応用，土木学会論文集，No.687/III-56，pp.289-301，2001.9

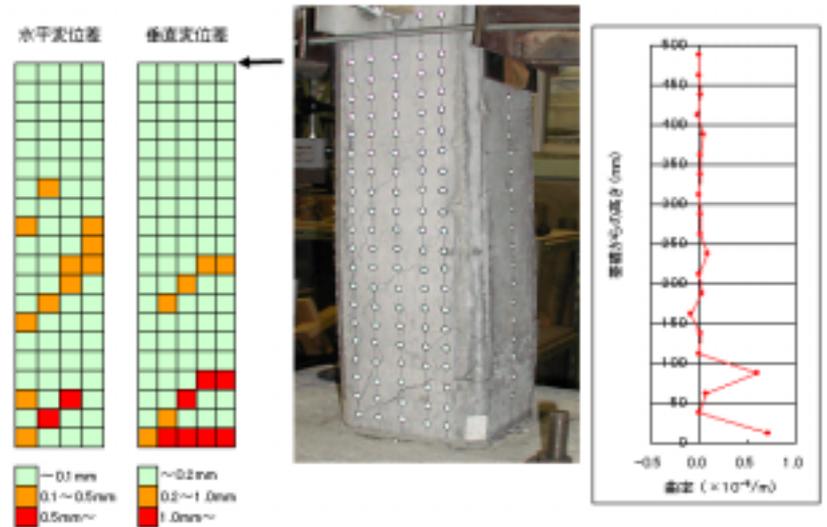


図-2 曲率分布およびひび割れの分布状況 ($4\delta_y$)

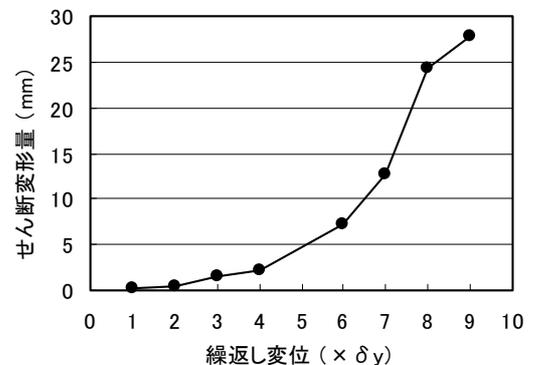


図-3 せん断変形量の変化の様子