画像計測法の RC はりの変形特性測定への適用性について

福山大学工学部　（正）○宮内 克之　　福山大学大学院　（学）荒川 裕介
四国職業能力開発大学校　秋本 圭一　　（有）画像計測研究所（正）服部　進

１．はじめに

鉄筋コンクリート（RC）部材の変形特性のうち、曲率、柱部鉄筋の基礎からの抜出し量など、通常では測定が難しい現象の計測方法の一つとして、写真測量を応用した画像計測法が考えられる。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、この問題の解決策の一つとして有望であり、今後利用が増加してくるものと考えられる。そこで本研究では、画像計測法を RC 部材の変形特性の測定に適用する際の、主に測定精度と変形特性把握の可能性について、はり部材を対象に検討したものである。

２．実験および計測の概要

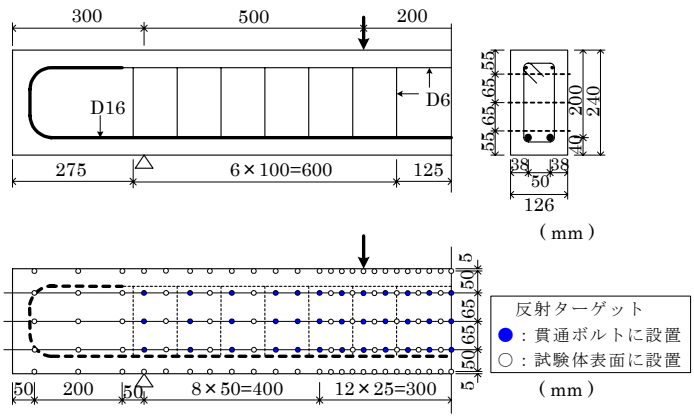
実験計画を表－1 に、試験体の形状寸法の一例（B-1）を図－1 に示す。引張鉄筋には D16、D13（SD345）、せん断補強筋には D6（SD295A）を使用した。また、コンクリートには呼び強度 24 のレディーミクストコンクリートを使用した。載荷方法は二点対称集中載荷とし、載荷中はスパン中央のたわみを変位計により測定した。

画像計測法による測定点として直径 5 mm の専用の反射ターゲット（写真－1 中の白点）を貼り付けた。標定を行うための基準板を試験体の傍らに設置し、試験体の前面および裏面それぞれ 9 ヵ所から 2 枚ずつ、計 36 枚の写真を撮影し 1 セットとした。撮影距離は約 2～4m である。使用したカメラは、約 600 万画素のディジタルカメラで、焦点距離が 18mm のレンズを採用した。撮影に要した時間は、1 セット 36 枚で 3～5 分程度であった。

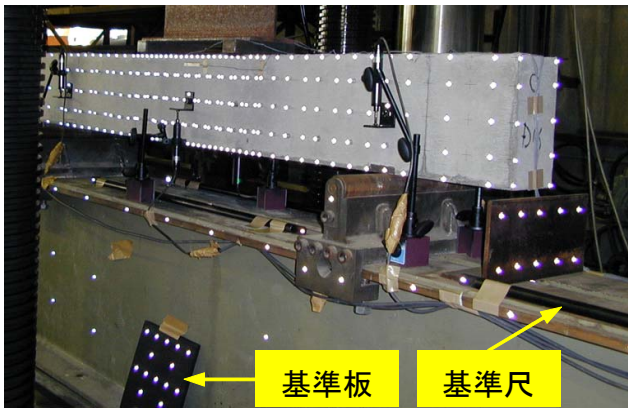
各段階における 1 セット 36 枚の写真から、フリーネットワークによる自己校正付きバンドル調整により各測定点（ターゲットの中心）の三次元座標値を算出した。さらに載荷台の測定点を不動点として、基準状態（載荷前の状態）に対しての各変形時における測定点の変形量（相対座標値）を最小二乗法によって算出した。

表－1　実験計画

試験体	引張鉄筋	せん断補強	基準尺
B-1	2-D16	D6-100mm	無
B-2	2-D13	D6-100mm	有
S-1	2-D16	－	有



図－1　試験体の形状寸法（B-1）



写真－1　試験の様子（S-1）

キーワード：画像計測，ディジタルカメラ，計測精度，RC はり，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

３．測定精度の検討

(1) 変形量の算定精度

本研究においては、各測定点の像の数が 3 以上、および各像の残差の大きさの閾値 0.0015 mm によってバンドル調整した座標値を用いた。本実験の場合、支柱等の障害物が存在するため測定精度は低下することが考えられる。しかしながら、基準状態に対する不動点の重ね合わせの誤差は σ =0.018～0.033 mm 程度であった（図－2）。本研究における各測定点の変形量の算定精度は概ね σ =0.03 mm 程度以下と考えられ、実用上十分な精度で計測ができている。

(2) たわみ測定の精度

図－3 は、スパン中央におけるたわみに関して、本計測法と変位計測定値の差を示したものである。たわみが大きくなると本計測法による値が若干小さくなる傾向はあるが、両計測法による測定値にはほとんど差がない。画像計測法による測定によって、たわみは精度良く測定されているものと思われる。

４．曲率分布

測定点の設置間隔と曲率分布との関係の一例を図－4 に示す。曲率 φ は、ターゲットの座標値および変位量を用いて次式により算定した。

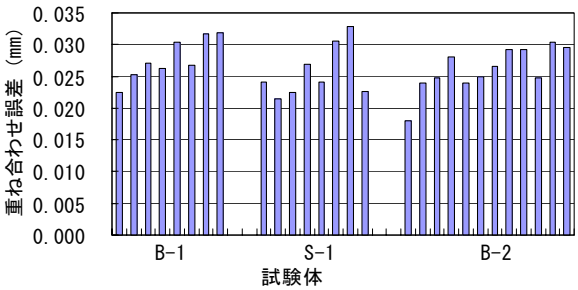
$$\phi = \frac{\Delta x_b - \Delta x_t}{D \cdot \Delta b}$$

ここで、$\Delta x_b, \Delta x_t$ ：計測区間における測定点の水平方向の相対変位、D ：測定点間の鉛直距離、Δb ：測定点間の水平距離

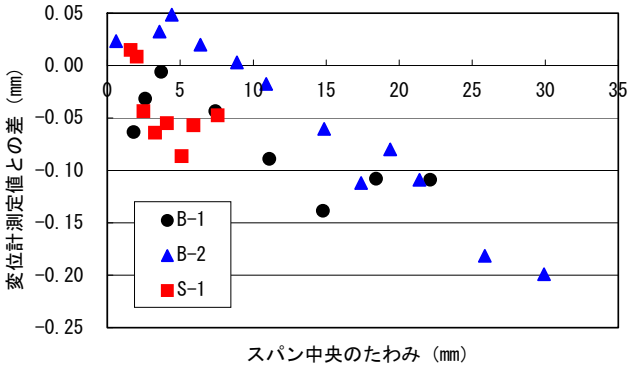
図より、測定点の間隔が 25、50 mm の場合には、ひび割れ発生等に伴う曲率の変化の様子が十分に把握できている。しかし、間隔が 100 mm の場合には変化の様子が十分には把握できていない。本実験の範囲では、有効高さの概ね 1/4 以下の間隔で曲率を測定すれば、ひび割れ発生等に伴う曲率の変化の様子が十分に把握できるものと考えられる。

５．まとめ

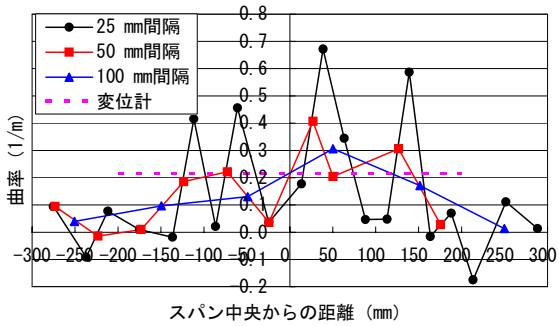
画像計測法を RC はりの変形測定に適用した。その結果、適切な写真枚数の確保と大誤差の除去により、実用上十分な精度で変形量の計測結果が得られた。また、有効高さの 1/4 以下の間隔で測定点を設置すれば十分な精度で曲率を測定できることが明らかとなった。



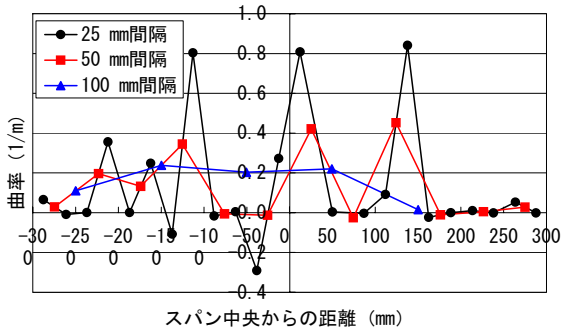
図－2　重ね合わせ誤差（標準偏差）



図－3　変位計測定値との比較



(a) B-1 : δ =22.1 mm



(b) B-2 : δ =21.4 mm

図－4　曲率分布に及ぼす測定点設置間隔の影響