

画像計測法を用いた RC はりの変形特性の測定精度

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拔出し量など、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. 実験および計測法の概要

(1) 実験概要

計測対象は表-1 に示す 3 体の RC はりである。実験要因は、せん断補強筋の有無、鉄筋比および基準尺の有無とした。載荷方法は二対称集中載荷とし、載荷中はスパン中央のたわみを変位計により測定した。

測定点として直径 5 mm の専用の反射ターゲットを貼り付けた（写真-1 中の白点）。載荷前後の相対変形量を求める際の不動点とするため、載荷台にも測定点を設置した。基準尺を用いた場合とそうでない場合との測定精度を検証するため、試験体 S-1、B-2 に関しては基準尺を 6 本設置した。

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 9 ヶ所から、それぞれカメラを 90°回転させて 2 枚ずつ、計 18 枚の写真撮影した。はりの裏側についても同様に撮影を行い、計 36 枚の写真を 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 万画素のデジタルカメラで、撮影スペースの関係で焦点距離が 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。

(2) 変形量の計算方法

各段階における 1 セット 36 枚の写真から、以下の手順により各測定点（ターゲットの中心）の三次元座標値および変形量を算出した。

1) 座標値の計算

①基準板に設置された 16 点のターゲット（座標

既知）の像から、Direct Linear Transformation および単写真標定により各々の写真の外部標定を行う。

②ターゲット像の重心座標の計算

③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、三次元座標値を算定する。

2) 座標系の変換

バンドル調整で得られた各ターゲットの三次元座標値を、試験体の XYZ 座標系に変換する。

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

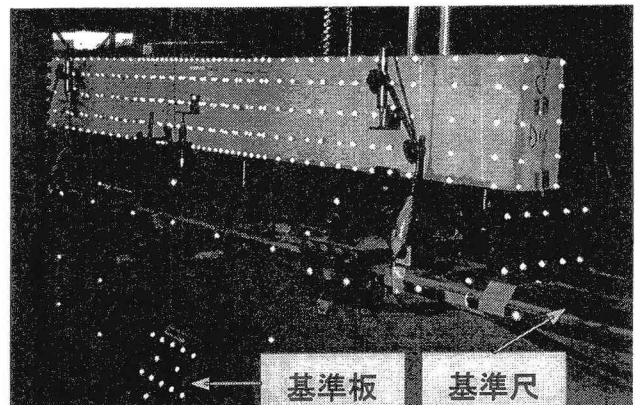


写真-1 試験の様子 (S-1)

3) 変形量の計算

載荷台の測定点（像の状態が良い18～20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する。

3. 測定精度の検討

(1) 座標値の算定精度（内的精度）

バンドル調整を行う際には、各測定点の像の数（写真の枚数： n ）、および像の良否が座標値算定の精度に大きく影響を及ぼす。本研究においては、写真の枚数に関しては $n > 2$ について行い、像の良否に関しては残差の大きさ（閾値：0.0015 mm）によって管理した。その際の残差の標準偏差の2乗平均の平方根は約0.02～0.04 mm程度であった（図-1 参照）。

(2) 変形量の算定精度

基準状態に対する不動点の重ね合わせの誤差を図-2に示す。今回の実験の場合、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、誤差は $\sigma = 0.018 \sim 0.033$ mm程度であった。本研究における各測定点の変形量の算定精度は概ね $\sigma = 0.03$ 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ます。

(3) 基準尺を用いない場合の測定精度

基準尺を使用せずに基準板の測点間の距離を基準としてバンドル調整を行った場合の精度を、S-1に関して基準尺の寸法との比較により行った。得られた座標値から算定される基準尺の長さ、と基準尺の実長さとの比は、平均で0.9993～0.9996の範囲であった。この種の実験であれば、基準板の測点間の距離を長さの基準としてバンドル調整を行っても、実用上問題が無いものと考えられる。

(4) たわみ測定の精度（外的精度）

図-3は、スパン中央におけるたわみに関して、画像計測法と変位計の測定値の比較を示したものである。たわみが大きくなると画像計測法による測定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. 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。

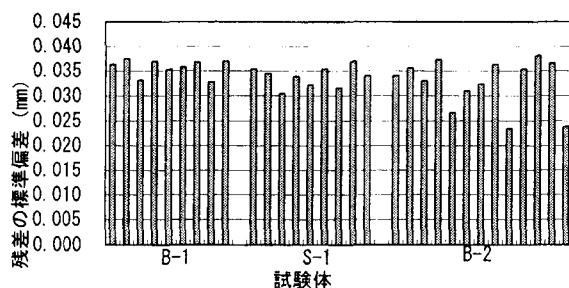


図-1 残差の標準偏差

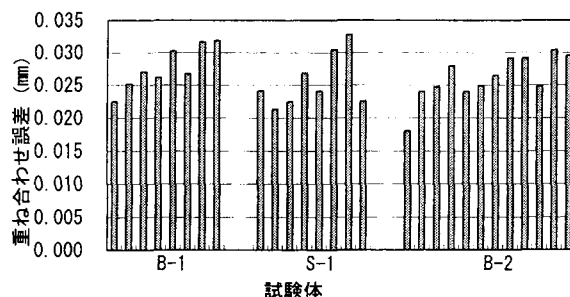


図-2 重ね合わせ誤差（標準偏差）

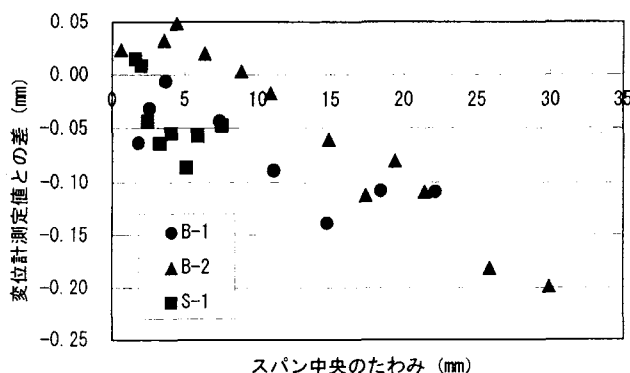


図-3 変位計測定値との比較