

変位および曲率の計測におけるデジタル画像解析技術の活用

土木研究所 正会員 ○廣江 亜紀子, 大住 道生

1. 目的

従来、載荷実験で RC 供試体の変位を計測するには、接触式の変位計やレーザー変位計が用いられてきた。しかし、これらの変位計は細かい間隔で計測点を設けたい場合でも、変位計の寸法に応じて設置せざるを得ない。特に従来の曲率の計測は、橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン(案)¹⁾において計測方法が提案されているが、図-1 のように接触式の変位計を用いる方法であり、計測の間隔は変位計の長さに依存する。変位計を互い違いに設置するなど工夫もされているが、100mm 程度の間隔で計測していることが多い²⁾³⁾。そこで、近年発達の目覚ましいデジタル画像を用いた計測技術を活用することにより、従来よりも小さい計測間隔で変位や曲率を取得することができるか、実験で確認を行った。

2. 実験概要

図-2 のような L 字型の RC 供試体を用いた正負交番実験を対象とした。端部の一方を固定、もう一方を自由として、ジャッキで開閉方向に載荷する。供試体と供試体を載せている治具との設置面は、テフロンシートを挟むことで、摩擦が小さくなるようにしている。図-2 の○で示す位置の供試体側面 2 面に図-3 のような長さ 80mm の棒状のターゲットを 50mm 間隔に、一部のターゲットと接触式変位計（以下、変位計）の計測点が同一測線上になるよう設置した。供試体の上方に設置したデジタルカメラ（図-4）で動画を撮影し、その画像を解析することで、ターゲットの先端の変位量を計測（以下、画像計測という。）する。国交省道路局が公開している点検支援技術性能カタログ⁴⁾に掲載されている技術のうち、支承の任意の点の変位や回転量を計測する技術をターゲットの変位の計測に適用した。

3. 変位計測の結果

計測する変位は図-5 のように、設置されたターゲットの X 方向・Y 方向の変位である。図-3 に示した同一測線上に設置された変位計とターゲット（図-5 の○の位置）について、変位計の計測結果と画像計測で得られたターゲットの Y 方向の変位の時刻歴を比較したグラフを図-6 に示す。載荷試験はジャッキを設置した区間の変位を基準として正負交番の 3 回繰り返し載荷であり、図-6 はこのうち、載荷ステップが $2\delta_y$ のときのうち、1 回目正側（L 字が開く方向）の載荷のときの変位の時刻歴である。実際の供試体は固定端を中心とした平面内での曲げ挙動を示すが、ここでは簡便のため、Y 方向の画像計測の変位を用いている。図-6 から、変位の変化傾向は画像計測でも捉えることができていると考えられる。

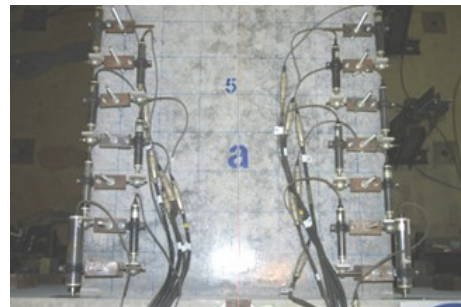


図-1 接触式変位計による曲率の計測

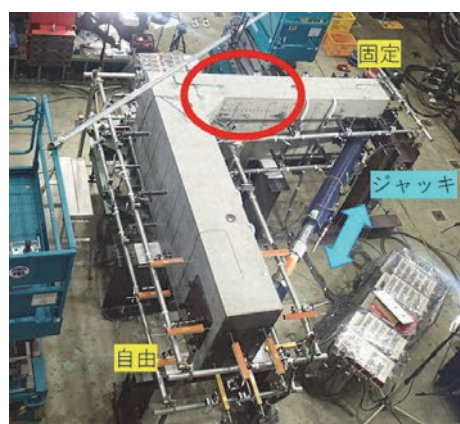


図-2 対象とする供試体

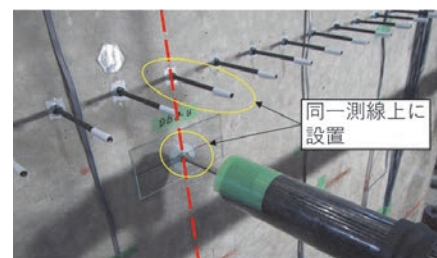


図-3 ターゲット



図-4 変位計測用カメラ

キーワード 画像計測, 載荷実験, 計測技術

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター
TEL029-879-6773



図-5 画像で計測する変位の方向

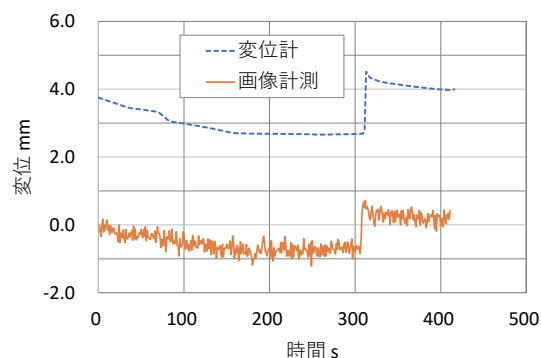


図-6 計測した変位の時刻歴 (Y 方向)

載荷開始を 0s としているが、変位計と画像計測で 0s の時の変位が異なるのは、変位計はそれ以前の残留変位を含んでいるのに対し、画像計測は 0s のときの変位を基準に変位を算出しているためである。また、300s 以後の変位が急激に増加するタイミングに多少の差があるが、変位計の計測開始とデジタルカメラによる動画撮影開始のタイミングがずれたためである。他の載荷ステップでも同様に変位の時刻歴変化の傾向を捉えることができていた。ただし、図-6 のように画像計測では計測結果に細かく増減するノイズが見られること、供試体の変形が進むにしたがって、変位計が計測している変位と画像計測の Y 方向変位の値にずれができることから、ケース数を増やしたうえで、計測精度やデータ処理方法について検討する必要がある。

4. 曲率分布

図-5 のハンチより右側に設置したターゲットを対象に、画像計測で得られた X 方向の変位から曲率を算出する。曲率の算出方法は文献 1) に示される方法を用いた。載荷ステップ $1\delta_y$ から $7\delta_y$ のうち、各ステップの 1 回目正側の載荷における基準変位到達時の変位から求めたハンチ端から X 方向の載荷ステップごとの曲率分布を図-7 に示す。 $6\delta_y$ と $7\delta_y$ の一部の値がないのは、X 方向変位の値に大きな乱れがあり、原因を精査する必要があるが、ここでは正常に計測できていないと判断したためである。 $2\delta_y$ から $4\delta_y$ まではハンチ端から 100mm~150mm の区間、 $5\delta_y$ からは、加えてハンチ端から 300mm~350mm の区間に大きな曲率が確認された。載荷試験ではその付近で大きなひび割れが複数発生していたことから、曲率の傾向を捉えることができたと考えられる。

5. まとめ

計測精度やデータ処理方法には課題があるものの、今回の実験により、従来の手法よりも計測の間隔を小さくしたうえで、画像計測により載荷試験における変位や曲率の傾向を捉えることができた。

謝辞

本実験は（一社）道路プレキャストコンクリート製品技術協会との共同研究の一環として実施した。

参考文献

- 1) 土木研究所：橋の耐震性能の評価に活用する実験に関するガイドライン(案)橋脚の正負交番載荷実験方法及び振動台実験方法，土木研究所資料第 4023 号，2006
- 2) 村田ら：SD490 を用いた高鉄筋比の RC 橋脚の耐震性能に関する実験的研究，構造工学論文集，Vol.56A，pp.928-937，2010
- 3) 横澤ら：崩壊シナリオデザイン設計法の実現に向けた耐力階層化鉄筋を用いた RC 橋脚の載荷実験，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.78，No.4，2022
- 4) 国土交通省道路局：点検支援技術性能カタログ

<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>

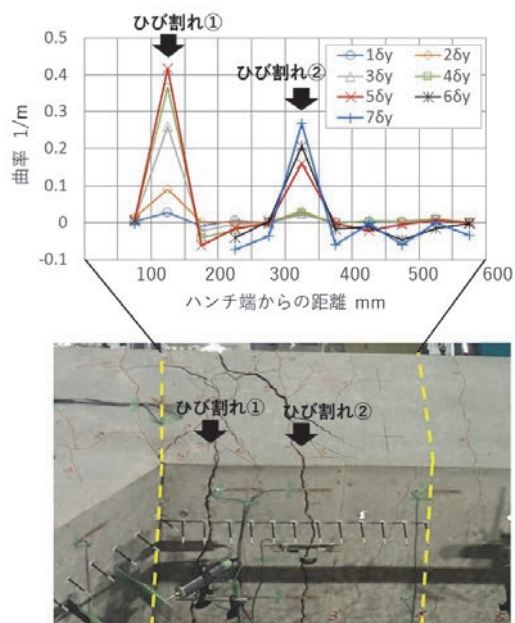


図-7 載荷ステップごとの曲率分布とひび割れ発生位置