

光学的全視野計測を用いたPCT桁の載荷試験時における非接触変位・ひずみ分布計測

長崎大学大学院 学生会員 ○ 板井 達志 長崎大学大学院 正会員 出水 享
佐賀大学大学院 正会員 伊藤 幸広 長崎大学大学院 正会員 松田 浩
(独) 土木研究所構造物メンテナンス研究センター 正会員 木村 嘉富

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化や維持管理の観点から様々な要因で発生する変位やひずみを計測することは必要不可欠である。こうした中、近年、非接触かつ全視野で計測が可能な光学的計測技術による変位・ひずみ計測に関する研究が盛んに行われている。筆者らは2000年頃から光学的計測法の一つであるデジタル画像相関法(以下 DICM と呼ぶ)を用いてコンクリートおよび鋼などの建設材料に適用するため実験室レベルにおいて各種研究を行ってきた。

そこで本研究では、DICM を実構造レベルの大型試験体への適用可能性を検討するために、撤去 PCT 桁の3点曲げ載荷試験時における変位およびコンクリート表面ひずみの計測を行った。DICM による変位ひずみ計測の精度を検証し、DICM により算出したひずみ分布計測の有効性を確認するため、近接目視によるひび割れ観察結果と比較した。

2. 試験概要

試験体には、塩害による劣化が激しく、供用後38年経過後に撤去された2径間単純ポストテンションT桁橋の撤去部材を使用した。試験体の側面図及び支点・

載荷位置等を図-1に、断面図を図-2にそれぞれ示す。なお、載荷試験は土木研究所構造物実験施設の30MN大型構造部材万能試験機を用いて行った。

載荷試験前の変状図及び DICM の計測位置を図-3に示す。DICM の精度を確認するため、計測範囲の桁下面に設置した変位計、下フランジに貼付したひずみゲージから得られた計測値と比較を行った。

画像解析のため載荷前に計測面に白と黒のスプレーを用いてランダムパターンを散布し、撮影画像の階調値に変化をもたせた。また、計測時には白色発光ダイオード(白色 LED)ライトを2つ使用し、試験体表面の明るさを一定に保つようにした。計測風景を写真-1に示す。カメラ間の距離は約400mm、カメラと計測面までの距離は約4200mmとし、この条件下で計測した画像解像度は約0.28mm/pixelとなる。すなわち、60mmゲージは214pixelで構成されることになる。

計測は、無載荷時、それ以降10kN毎に560kNまで行った。200kN以降は、20kN間隔で近接目視によるひび割れ観察を行った。DICM の計測精度を向上させるために、各荷重段階において50枚撮影した画像に加算平均処理を行い、その画像を用いて画像解析を行った¹⁾。

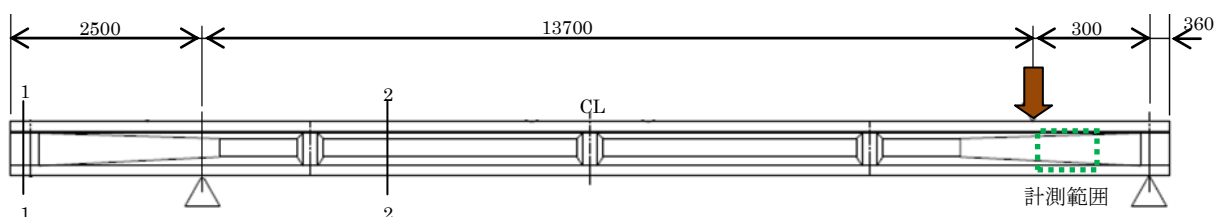


図-1 調査桁側面図 (mm)

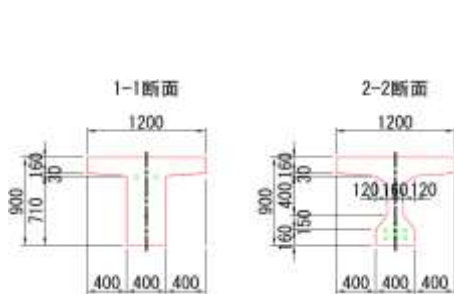


図-2 調査桁断面図(mm)

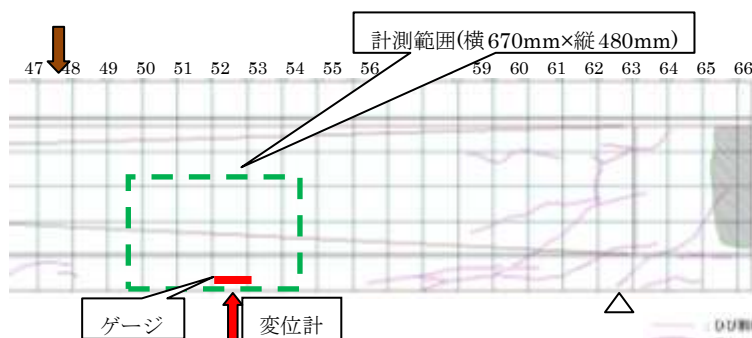


図-3 DICM 計測位置

3. 試験結果

3.1 変位とひずみの精度検証

DICM と変位計, ひずみゲージによる変位とひずみの計測結果を図-4 に示す。また, DICM による計測値の相関係数, 誤差平均, 標準偏差を表-1 に示す。

変位計測結果よりばらつきは小さく, 高精度で計測できていることが確認できる。ひずみ計測結果についても, 標準偏差は 166μ , 34μ となりひずみゲージと DICM の計測値に差が生じているが, 高い相関性を示しており, 概ねひずみの増加挙動は捉えている。

3.2 各荷重段階におけるひずみ分布計測

変位計より得られた荷重-変位曲線図-4(a)に示す荷重段階①～⑥における DICM による最大主ひずみ分布を図-5 に示す。なお, ひずみ分布には目視観察により得られたひび割れを黒線で, ひずみゲージを白色で記載している。図-7 より 120kN 時 (①) に計測範囲の中央の下フランジ位置にひずみの集中が確認され, 280kN 時 (②) にひずみの集中箇所にはひび割れが目視で確認された。荷重 380kN 時 (④) ではひずみゲージ位置でひずみの集中に沿ったひび割れ発生が確認された。図-6(c)においても, 荷重 380kN 付近にひずみが増大しており, 計測結果からもひび割れ発生が確認できる。載荷荷重 440kN 時 (⑤) には点線枠内に示すように斜めひび割れを予兆させるひずみの集中が確認でき, 480kN 時 (⑥) にはひずみの集中に沿ったひび割れ発生が確認された。

図-5 からひび割れはひずみの集中箇所に発生しており, 本手法を用いることでひび割れの発生・進展を追跡することができることがわかる。

4. まとめ

- ・実構造物レベルにおいても, DICM 計測は高精度に変位およびひずみ計測が可能であり, ひずみの発生・進展過程を可視化することができた。
- ・DICM 計測はひび割れの発生前にひずみの集中が確認され, ひずみの集中箇所とひび割れ発生箇所が一致したことから, DICM はひび割れの発生・進展挙動を正確に追跡することができると考えられる。

参考文献

- 1) 出水享, 板井達志, 藤野義裕, 山下務, 松田浩: 撮影・解析条件がデジタル画像相関法のひずみ計測精度に及ぼす影響, 長崎大学工学部研究報告, 41(77), pp.45-52, 2011

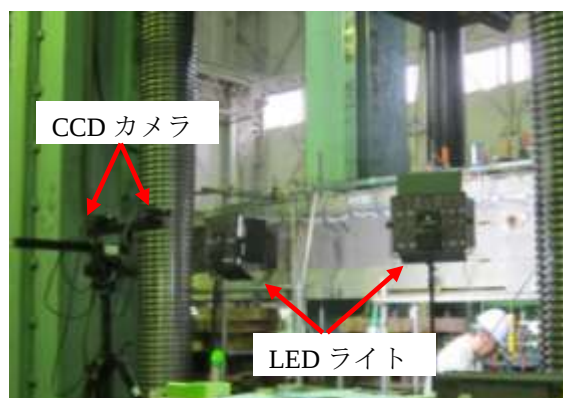


写真-1 計測風景

表-1 計測結果

	相関係数	誤差平均	標準偏差
変位計	0.999	0.12mm	0.19 mm
ゲージ	0.999	129 μ	166 μ

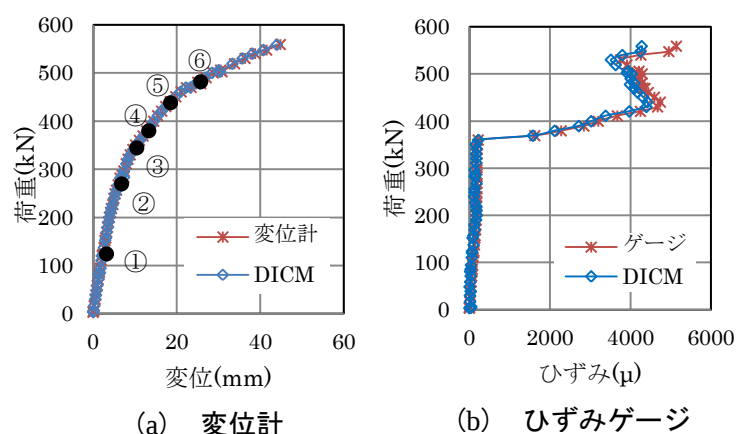


図-4 計測結果

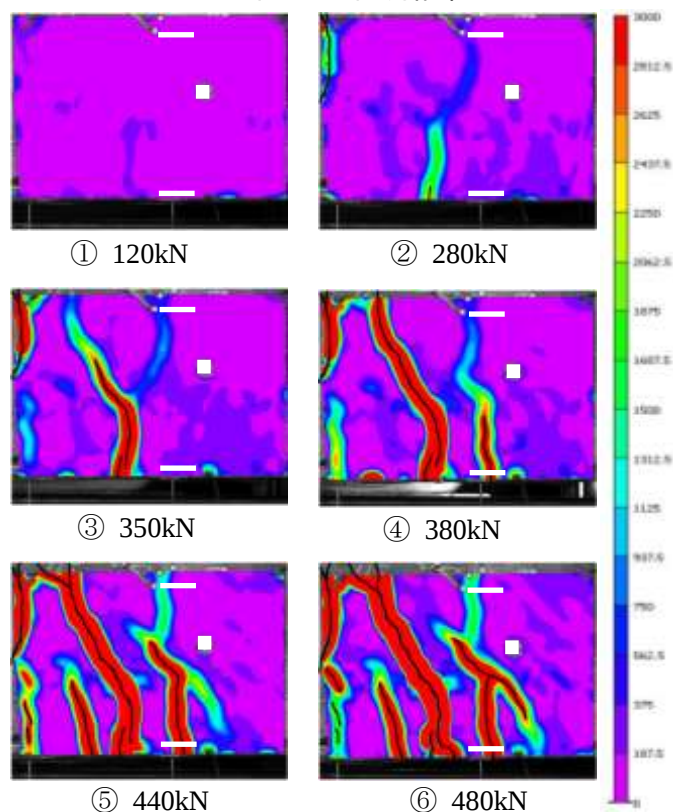


図-5 ひずみ分布図