

デジタル画像を用いた長距離変位計測に関する基礎的研究

長崎大学大学院 学生会員 ○戸次 翔 長崎大学 正会員 出水 享
佐賀大学 正会員 伊藤 幸広 長崎大学 正会員 松田 浩

1 序論

現在、一般的に橋梁の劣化状況を総合的に判断する方法として、ひずみ、たわみ測定が用いられている。現在実施されている方法としては、ダンプトラックや散水車により静的・動的載荷し、ひずみゲージ・光ファイバセンサ、変位計などにより接触式に測定する方法があるが、いずれも計測コストが高く、計測にあたって専門の技術を要する。そこで、本研究は、橋梁のたわみを定期点検レベルで実施できるような一般的なものとするため、簡易で安価な計測システムを開発することを目的としている。開発する計測システムは、デジタルカメラで橋梁の桁側面の変形前後の画像を撮影し、解析することによりたわみを求めるものである。ここでは、遠距離からの変位計測精度を検証するための基礎的実験を行った。

2 試験概要

計測システムの概要を表-1、写真-1に示す。計測システムは、CCDカメラ、望遠レンズ、テレコンバータ、三脚で構成される。CCDカメラにテレコンバータを介して望遠レンズを取り付けた。この状態では不安定なため、CCDカメラとレンズを一体にできるジグを用いてそれぞれを固定し、ジグと三脚を固定させた。

精度検証にはQRコードを取り付けたZステージを使用した(写真-2)。QRコードの大きさは縦、横ともに54.5mmである。ターゲットを多くの画素数で構成させることで計測精度が向上するため⁹⁾、レンズの最大焦点距離である400mmに調整して撮影を行った。この際の計測システム全体の焦点距離は35mm判換算で3200mmとなる。

撮影距離は、10m、20m、30mとした。それぞれの距離で撮影された画像解像度は、10mで0.042mm/pixel、20mで0.086mm/pixel、30mで0.13mm/pixelとなる。計測は、Zステージの変位量を0、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7、0.8、0.9、1.0、2.0、3.0、4.0、5.0mmと調整し、各段階でそれぞれ3枚ずつ、計45枚の画像を撮影した。撮影した画像をデジタル画像相関法により画素の変化量を算出した。

画素から変位への換算はQRコードを利用した。20m、30m時では、QRコードが小さく撮影されるため、換算誤差が予想される。そのため、金尺を撮影し、金尺による換算も合わせて行った。計測は室内で行い、明るさを一定にするためLEDライトを2台使用した。本条件下のシャッター速度は30ms、F値は11である。撮影画像を写真-3(a)、(b)、(c)に、金尺による換算画像(撮影距離20m)を写真-3(d)に示す。

表-1 計測機器仕様

CCDカメラ	型番：Point Grey Research 社 GRASS-50S5M/C 撮像素子：Sony ICX625 CCD 解像度：2448×2048pixel (500 万画素) 画素サイズ：3.45×3.45μm デジタル画像：モノクロ 8 ビット シャッター形式：電子シャッター シャッター速度：0.02ms ～10s 最大フレームレート：15fps
レンズ	型番：Ai AF VR Zoom-Nikkor 80-400mm f4.5-5.6D ED 焦点距離：80-400mm 絞り：最大 f/4.5, 最小 f/32
テレコンバータ	型番：KENKO デジタルテレプラス PRO300 2X DGX 倍率：2 倍 露出倍率：4 倍(2 絞り分)

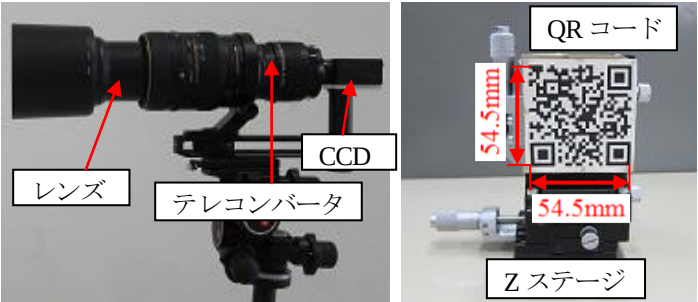
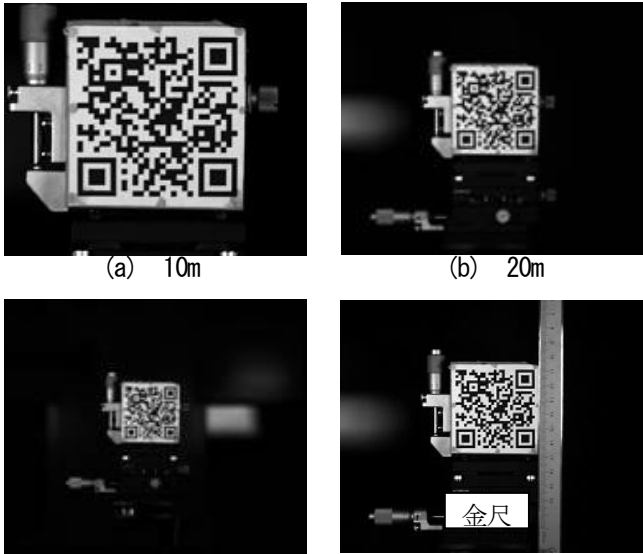


写真-1 計測システム

写真-2 ターゲット



(a) 10m

(b) 20m

(c) 30m

(d) 20m スケール画像

写真-3 ターゲット

キーワード：デジタル画像相関法、望遠カメラ、デジタル画像、変位計測
住所：長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻構造工学コース
電話、FAX：095-819-2590

3 試験結果

10m, 20m, 30mの変位計測結果(QRコード換算)を図-1(a), (b), (c)に、誤差の平均、標準偏差、相関係数を表-2にそれぞれ示す。計測距離10mの場合、誤差の平均は0.01mm、標準偏差は0.01mm、相関係数は0.999と相関性は高くなった。また、グラフの傾きが非常に1に近いことから、計測精度は高いと考えられる。ばらつきは小さいため高精度で計測できていることがわかる。

計測距離 20m の場合、誤差の平均は0.008mm、標準偏差は0.008mm、相関係数は0.999と相関性は高くなった。また、グラフの傾きが非常に1に近いことから、計測精度は高いと考えられる。ばらつきは小さいため高精度で計測できていることがわかる。これらは、金尺で換算した結果と同じ値を示した。

計測距離30mの場合、誤差の平均は0.019mm、標準偏差は0.024mm、相関係数は0.999と相関性は高くなった。また、グラフの傾きが非常に1に近いことから、計測精度は高いと考えられる。ばらつきは小さいため高精度で計測できていることがわかる。これらは、金尺で換算した場合、わずかに誤差の平均が向上したが、標準偏差、相関係数は、同じ値を示した。

図-1と表-2より、10mから20mでの距離の計測においては、ばらつきが小さく、相関性が高いことから、精度の高い計測ができていることがわかる。30mの距離での計測結果は、10m, 20mの計測結果に比べるとばらつきが見られる。これは計測距離が遠くなるほどターゲットのランダムパターンを構成するpixel数が少なくなるためであると考えられる。精度よく計測するためには、より高解像度なカメラを用いることや、より大きなランダムパターンを持つターゲットを用いる必要があると考えられる。

4 結論

今回行った試験で得られた所見を以下に示す。

- ・望遠レンズを取りつけた CCD カメラと DICM による解析を用いることで、遠距離の計測において微小変位を精度よく捉えることができた。
- ・小さく撮影されたターゲットを用いて画素を変位に換算しても計測精度の低下が確認されなかった。

今後はターゲットやカメラの角度、明るさなどを考慮した実験および屋外における試験も行う。そして、実構造物へ適用することを目指す。

参考文献

- 1) 出水亨,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
- 2) 出水亨,板井達志,御舟研二,松田浩: デジタル画像相関法による建設材料のひずみ測定に関する基礎的研究, 長崎大学工学部研究報告, 41(76), pp.66-72;2011

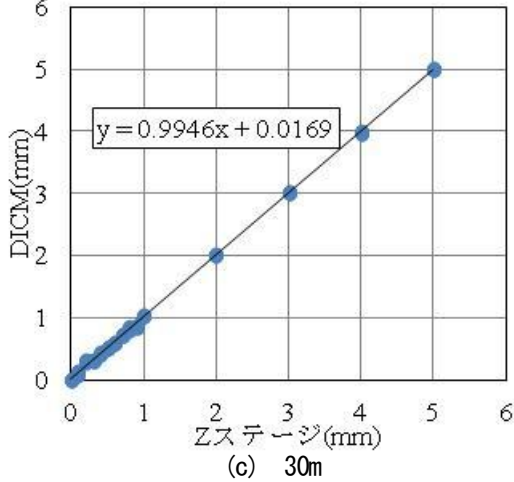
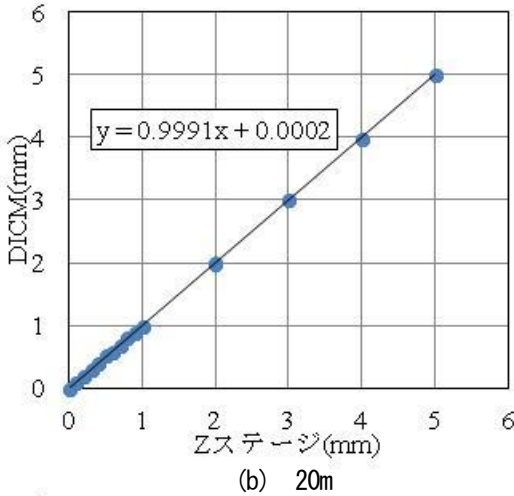
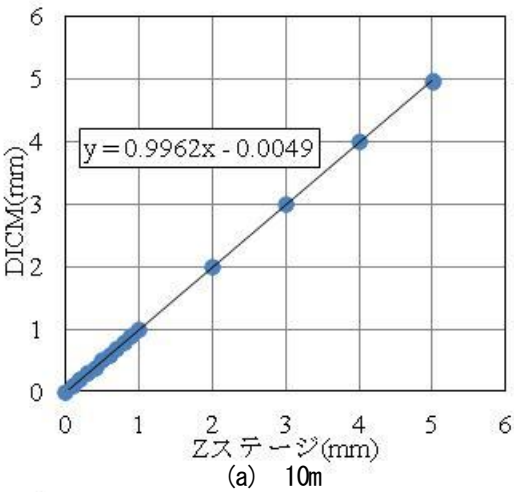


図-1 変位計測結果

表-2 計測結果一覧

撮影距離 (m)		誤差平均 (mm)	標準偏差 (mm)	相関係数
10	QR コード	0.010	0.010	0.999
	金尺	0.008	0.008	0.999
20	QR コード	0.019	0.024	0.999
	金尺	0.018	0.024	0.999