

サンプリングモアレ法による鋼橋の支承回転性能の評価手法に関する一考察

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋（株） 正会員 ○ 河尻留奈，正会員 石川裕一
福井大学 正会員 藤垣元治，非会員 原 卓也

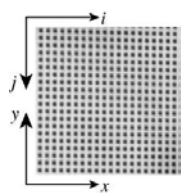
1. はじめに

橋梁の維持管理における着目点の一つが支承であり，凍結防止剤散布域では写真1に示すように腐食損傷が報告される場合が多い。支承が腐食損傷を受けると回転性能が失われることがある。支承の回転性能の喪失は，図1のように支承直上に応力集中が生じソールプレート溶接部からの疲労クラック発生の原因となる。橋梁の維持管理において回転性能を調査することは重要である。

活荷重による支承の回転の有無を調べる方法として，鋼橋の桁端部のたわみ角を計測する方法がある。一般的に桁のたわみ角は変位計を用いて計測が行われるが，重量が既知である試験車両を用いた載荷試験を行う必要があり，労力と手間がかかる。計測の合理化を目的として，非接触のカメラを用いて挙動計測が可能なサンプリングモアレ法¹⁾に着目して，高速道路橋の鋼桁端部で車両通行時のたわみ角を計測することにより，活荷重による支承の回転を調べる。



写真1 鋼製支承の腐食 図1 回転不良のイメージ図



a) 格子模様のターゲット b) モアレ縞の例

図2 ターゲットとモアレ縞の例

2. 北陸道における支承形式と変状実態

鋼製支承の割合が多く，設置年数は平均で約38年が経過し，鋼製支承の外観には著しい腐食が見られる。経年劣化により回転不良が生じている事例があると推察されるが，定期点検ではあまり発見されることが少ないのが現状である。

3. サンプリングモアレ法の概要¹⁾

デジタルカメラを用いて，橋体のターゲットを撮影することで変位を計測することは，古くから行われている方法である。サンプリングモアレ法で用いるターゲットは，図2 a)に示すように周期性のある格子模様のものである。周期性のある格子模様を撮影した画像に対して間引き処理を行うことでモアレ縞が発生する。このモアレ縞の動きは変位を拡大したものとなっている。サンプリングモアレ法は，間引き位置を変えることによって図2 b)に示すように位相が変化した複数枚のモアレ縞画像を発生させ，そこから位相解析を行うことで変位分布を得る手法である。その精度は格子間隔の1/数百～1/千である。さらに，得られた変位の分布から空間方向の微分計算を行うことで回転角（たわみ角）を精度よく求めることができる²⁾。

4. 実橋におけるたわみ角の計測

(1) 計測

計測対象橋梁は，橋長90.8mのRC単純中空床版橋および2径間連続非合成桁（17m+2@36m）の高速道路橋であり，幅員3.5mの4主桁橋，桁高1.9m，支承はBP・A沓である。本計測では，リアルタイムで x ， y ， z 方向および回転変位が同時に計測できるアルゴリズムを組込んだサンプリングモアレカメラを用いた。図4に示す通り，サンプリングモアレカメラ2台を使用し，カメラ1は桁を斜めから，カメラ2は桁の真下から真上を撮影するよう設置した。ターゲットは支承部から1.5m離れた位置に取付け

キーワード サンプリングモアレ，鋼橋，変位，計測

連絡先 〒920-0025 石川県金沢市駅西本町3-7-1

E-mail r.kawajiri.a@c-nexco-hen.jp

た。さらに、サンプリングモアレカメラの精度評価を行うため、レーザー変位計 2 つを桁下に設置し、サンプリングモアレカメラとレーザー変位計を同期させ、同時刻の変位量やたわみ角を収録した。PC 上でリアルタイムに描写される変位とたわみ角を示すグラフを確認し、大型車両が通過した後に撮影を終了した。

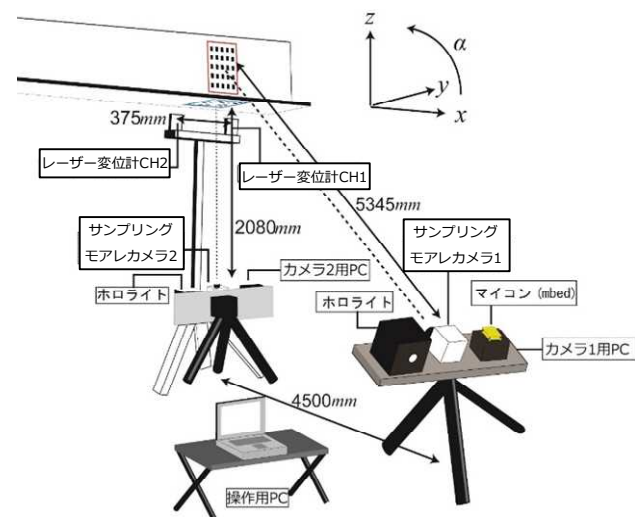


図3 サンプリングモアレカメラの設置状況

(2) 車両走行時の計測結果

3 台の大型車両が通過したときの変位を図 4 に、たわみ角を図 5 に示す。また、グラフ内の番号は通過した大型車両の番号を表しており、写真 2 に示す車両の番号と対応している。この計測では、最大で変位量は約 0.5mm、たわみ角は約 300 μ rad であった。1 台目の車両に比べて 2 台目や 3 台目の車両の方が重量が大きかったと考えられる。サンプリングモアレカメラとレーザー変位計の同期が取れており、計測結果がほぼ同じ値となっている。

表 1 に大型車両が通過していない間の鉛直方向の変位とたわみ角の標準偏差を示す。サンプリングモアレカメラの方がレーザー変位計より標準偏差が大きくなっているが、この程度のばらつきであれば実用上の十分な精度が得られていると考えられる。



①1 台目 (走行車線) ②2 台目 (追越車線) ③3 台目 (走行車線)

写真2 通過した大型車両

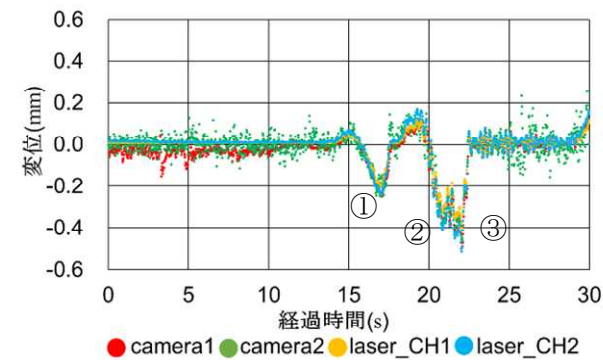


図4 鉛直方向の変位

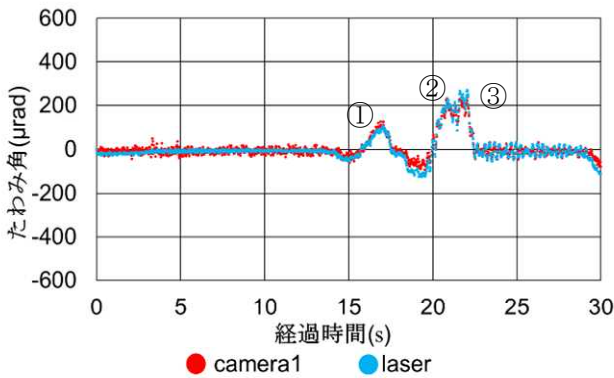


図5 たわみ角

表 1 変位、たわみ角の標準偏差

サンプリングモアレカメラ1z方向	0.025 mm
サンプリングモアレカメラ2z方向	0.033 mm
レーザー変位計CH1	0.001 mm
レーザー変位計CH2	0.003 mm
サンプリングモアレカメラ1たわみ角	11 μ rad
レーザー変位計たわみ角	6 μ rad

5. まとめ

サンプリングモアレ法を用いて、高速道路橋における鋼桁端部の変位および回転計測を行った。サンプリングモアレカメラの結果は、同期したレーザー変位計とほぼ同じ値であり、精度良く計測できた。支承の回転性能を調査する方法の一つとして、有効性が確認できた。

参考文献

1) 藤垣元治ら：列車通過時における鉄道協の動的な変位計測へのサンプリングモアレカメラの適用，実験力学 Vol.12,No.3,2012
2) 藤垣元治ら：サンプリングモアレ法による動的たわみ角分布計測，実験力学 Vol.15,No.4,2015