

## 蝶型マーカを用いたデジタルカメラによる橋梁の動的計測法の検討

佐賀大学 学生会員○田口 卓 佐賀大学 正会員 伊藤 幸広  
長崎大学 正会員 松田 浩 長崎大学 正会員 出水 享

### 1. はじめに

近年老朽化した橋梁が増える中、維持管理・更新のために桁の剛性や耐荷性を評価する必要性が高まっている。剛性や耐荷性を調べる方法として、桁の動的計測がある。計測には一般的にひずみゲージ、変位計、加速度計が用いられているが、作業時間やコストがかかるといった課題を抱えている。本研究では、蝶型マーカを用いたデジタルカメラによる動的計測の可能性を検討するために、振動する実験桁の振幅、振動数（周期）を計測する実験を行った。

### 2. 蝶型マーカを用いた変位計測法の概要

本研究で用いた蝶型マーカは直角二等辺三角形の直角頂点をそれぞれ上下左右に向かい合わせたものである(写真-1)。撮影画像から蝶型マーカを切り出し、ピクセル表示した際の概念図を図-1に示す。このように蝶型マーカの形状の特徴から階調値の平均値の変化率が大きくなり、頂点座標を得やすい形状となっている。

各階調値の平均値をグラフ化すると、図-2のような2本の一次式が交わったV形のグラフになる。この2本の単回帰式を求めて交点の座標を算出し、これを蝶型マーカの中心座標のY座標とする。この方法により、蝶型マーカの中心座標をサブピクセル単位で高精度に計測することが可能となる。動的計測法としては、蝶型マーカを貼付したターゲット画像から、画像解析プログラムを用いて蝶型マーカの中心座標を算出する。変位前後の2枚の画像より中心座標の移動量を求め、それにピクセルサイズを乗じることにより変位量を求める。

### 3. 動的計測実験の概要

#### (1) 実験装置

実験に使用したデジタルカメラは、SONY社製のDSC-RX10M3である。最高960fpsのフレームレートで最長4秒間の動画撮影が可能なものである。また、付属のレンズは24-600mmのレンズであり、遠距離での撮影でも高倍率でターゲットを撮影することができる。計測中には、デジタルカメラが移動・回転しないよう、地面に固定できる三脚及びカメラサポーターを作製し使用した。

#### (2) 実験方法

動的計測実験の概略図を図-3に示す。実験桁は、長さ24mのH鋼(H-150×150×7×1)をスパン20mで2点支持したものである。計測装置は、蝶型マーカを貼付したターゲット、変位計および加速度計であり、いずれもスパン中央に設置した。デジタルカメラは、ターゲットまでの撮影距離を10mおよび15mの2通りに変化させ、各撮影距離につき3回ずつ計測を行った。デジタルカメラでターゲットを撮影した動画から静止面を切り出し、蝶型マーカの交点の座標から変位を求めた。撮影時のフレームレートは240fpsである。



写真-1 蝶型マーカ

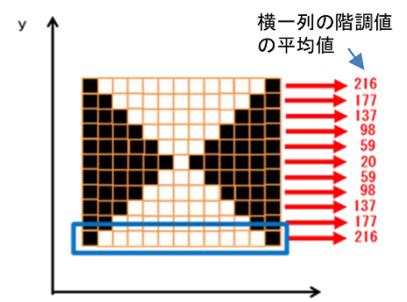


図-1 蝶型マーカ概念図

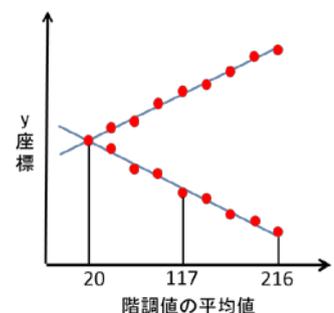


図-2 階調値の平均値のグラフ化



写真-2 実験風景

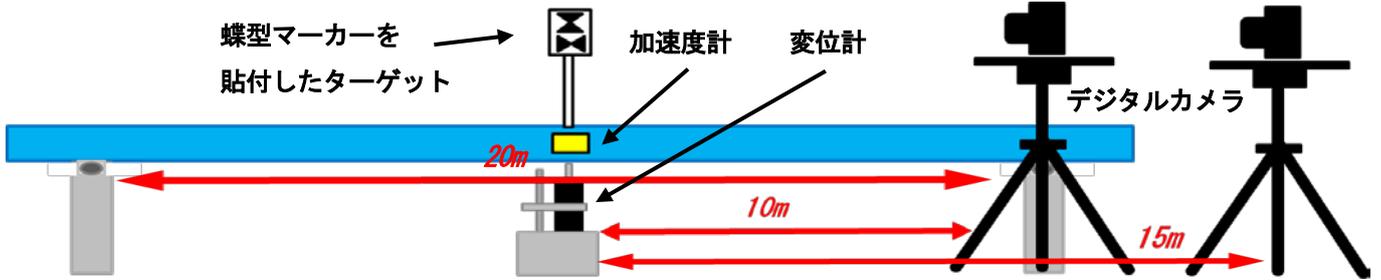


図-3 動的実験の概略図

4. 実験結果

撮影距離 10m および 15m におけるデジタルカメラによる画像解析および変位計による動的計測結果を図-4 および図-5 に示す。画像解析と変位計のグラフの波形のズレは、デジタルカメラの撮影開始のタイミングのズレによるものである。画像解析による波形は、変位計と同様にサインカーブを描いており、240fps での撮影で 1 秒程度の周期ならば波形を再現できることが分かる。

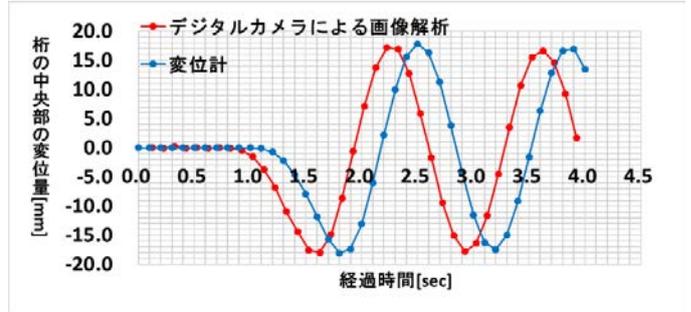


図-4 画像解析及び変位計による動的計測結果 (10m)

撮影距離 10m および 15m におけるデジタルカメラによる画像解析および変位計による振幅の計測結果を表-1 に示す。撮影距離 10m では、1 回の計測の平均誤差は -0.097mm から 0.005mm の範囲にあり、全ての計測結果の最大誤差は 0.198mm であった。撮影距離 15m では、平均誤差は -0.034mm から -0.019mm の範囲であった。最大誤差は 0.180mm と高い精度で計測できることが明らかとなった。

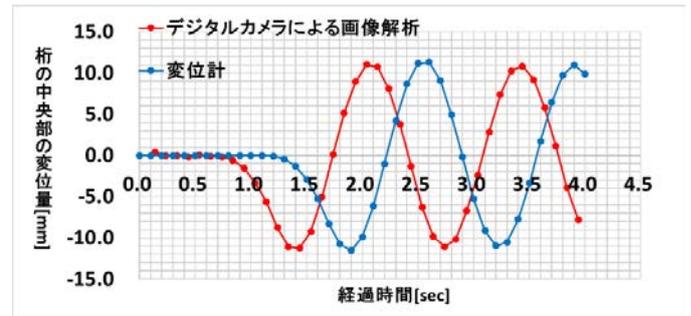


図-5 画像解析及び変位計による動的計測結果 (15m)

撮影距離 10m および 15m におけるデジタルカメラによる画像解析および加速度計による振動数の計測結果を表-2 に示す。画像解析及び加速度計の最大誤差は 0.004mm となり、3 回の計測の平均誤差は 10m で 0.001mm、15m では 0.002mm と同等の数値となった。

表-1 撮影距離 10m 及び 15m における振幅の計測結果

実験No.	撮影距離	10m				15m			
		画像解析[mm]	変位計[mm]	誤差[mm]	平均[mm]	画像解析[mm]	変位計[mm]	誤差[mm]	平均[mm]
No.1	振幅1	11.382	11.538	-0.156	-0.097	17.934	18.069	-0.135	-0.034
	振幅2	11.014	11.202	-0.188		17.689	17.841	-0.152	
	振幅3	11.071	10.988	0.083		17.819	17.639	0.18	
	振幅4	10.847	10.972	-0.125		16.61	16.641	-0.031	
No.2	振幅1	11.137	10.939	0.198	0.005	10.737	10.805	-0.068	-0.019
	振幅2	10.631	10.741	-0.11		10.427	10.365	0.062	
	振幅3	10.496	10.569	-0.073		10.087	10.005	0.082	
	振幅4	-	-	-		9.635	9.785	-0.15	
No.3	振幅1	12.426	12.506	-0.08	0.014	13.609	13.73	-0.121	-0.019
	振幅2	12.34	12.244	0.096		13.277	13.3	-0.023	
	振幅3	11.875	11.986	-0.111		12.782	12.84	-0.058	
	振幅4	11.914	11.764	0.15		12.887	12.76	0.127	

5. まとめ

蝶型マーカーを用いたデジタルカメラの動的計測法は、変位計や加速度計を用いた従来の計測方法と同等の精度が得られた。また、コストや操作性に優れることから実用性が高いものと考えられる。

表-2 撮影距離 10m 及び 15m における振動数の計測結果

実験No.	撮影距離	10m				15m			
		画像解析	加速度計	誤差	平均	画像解析	加速度計	誤差	平均
No.1	振動数[Hz]	0.746	0.742	0.004	0.001	0.743	0.742	0.001	0.002
No.2	振動数[Hz]	0.741	0.742	-0.001		0.746	0.742	0.004	
No.3	振動数[Hz]	0.743	0.742	0.001		0.743	0.742	0.001	

〔謝辞〕本研究は、科研費（基盤研究(B)17H03298 代表松田 浩）の助成を受けたものである。また、本研究を遂行するに当たり当時卒研生の谷川瑞生君に多大なる協力を頂いた。ここに謝意を表する次第である。