

先端技術を用いたインフラ構造物の点検調査の効率化と高精度化に関する研究

長崎大学 学生会員 ○宮濱 晃一 長崎大学大学院 学生会員 林 謙介
長崎大学 正会員 松田 浩 長崎大学 正会員 山口 浩平 長崎大学 正会員 古賀 掲維

1. はじめに

戦後急速に道路インフラが整備され、日本の交通や経済を支えてきた。橋梁は近年、老朽化とともに交通量の増加や過積載車両の増加に伴い、劣化などの変状が顕在化し維持管理不足が問題視されるようになった。

現在の橋梁の点検は近接目視点検が行われているが、中には点検が高所にわたるものや大掛かりな作業・足場が必要な場合もあり、莫大な費用と時間を要する。また技術者不足などもあり橋梁の維持管理は全国的に大きな課題となっている。このような課題に求められている点検・維持管理手法は安全な作業、技量に頼らない点検および診断法、効率的で信頼性が高く低コストの手法などである。

以上に鑑み、本研究では先端技術を用いた計測として、遠隔非接触で行えるレーザードップラ速度計（以下 LDV）、サンプリングモアレカメラ（以下 SMC）を用いて振動計測、変位計測を行い、点検の効率化を考察するとともにその計測精度を検証することを目的とする。（写真 1、写真 2 参照）

2. 機材概要

2.1 LDV

本計測器は対象の構造物にレーザ光を当て、反射光のドップラー効果を利用して物体の速度を検出する。さらに FFT 処理を行うことで固有振動数を求めることが出来る。遠隔非接触で計測を行えるため高所での計測でも安全に計測を行うことが出来る。

2.2 SMC

SMC とはカメラを用い、計測物に付着させた格子ターゲットを撮影し、その画像から変位を計測する光学的計測法である。本計測器も LDV と同様に遠隔非接触で計測を行えるため高所での作業に期待できる。

3. 振動計測

本計測では長崎県大村市にある高縄手橋を計測対象とした。橋長 8.3m、支間長 7.8、幅員 9.75m の RCT 桁橋であり、LDV を用いて固有振動数の算定を行った。また、計測値の比較を行うため、加速度計での計測も行った。

各計測結果を表 1 に示す。加速度計は接触式であるため、計測の精度が高いと考えられることから加速度計の値を真値として見た場合、2 次固有振動数で 2Hz 程の差が生まれたが、それ以外の値はよく一致していた。以上より LDV は精度よく計測が行えたと考えられる。

次に計測を行った橋梁を切断し、切断桁として静的载荷試験を行った。ひび割れ発生荷重（Pcr）、鉄筋降伏荷重（Py）に到達するごとに一度除荷し、振動計測を行った。計測対象と計測風景については写真 3、写真 4 に示す。

健全時から破壊時までの各段階の固有振動数を比較するために载荷試験を始める前に 3 回、ひび割れ発生荷重で 3 回降伏荷重で 3 回、破壊後で 3 回振動計測をした

ところ、健全から破壊に進展するにつれて固有振動数が下がる傾向が見られた。各段階の固有振動数の結果と荷重-たわみ曲線を表 2、図 1 に示す。700kN 以降から固有振動数が大きく減少していることわかる。ここで荷重-たわみ曲線を見ると 700kN で大きくたわみが増大していることから、剛性の低下により固有振動数が減少したと推測できる。



写真 1 LDV



写真 2 SMC

表 1 各固有振動数結果

固有振動数 (Hz)	LDV	接触式加速度計
1次固有振動数	31.5	31.3
2次固有振動数	42.7	44.6
3次固有振動数	56.6	55.9



写真 3 計測対象



写真 4 計測風景

表 2 健全から破壊まで各段階の固有振動数

1次固有振動数(Hz)		2次固有振動数(Hz)	
	LDV		LDV
健全(0kN)	8.67	健全(0kN)	20.08
ひび割れ(129kN)	8.38	ひび割れ(129kN)	19.62
鉄筋降伏(661kN)	8.03	鉄筋降伏(661kN)	19.52
破壊(739kN)	6.33	破壊(739kN)	8.46

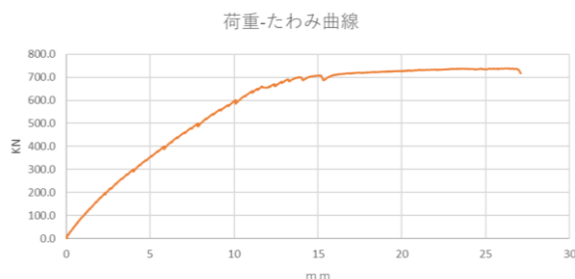


図 1 荷重-たわみ曲線

4. 変位計測

変位計測においては SMC の精度検証を行うため、同時に接触式変位計を用いて計測を行った。この際 接触式変位計での値を真値とする。計測対象は振動計測でも対象とした切断桁を対象とした。

変位計と SMC より得られた変位の比較を図 2 に示す。図 2 より鉄筋降伏荷重に至るまで 2 つの計測値が一致する結果が得られた。しかしその後の値が大きくなるようになった。原因として計測を開始した時点では天気は曇っていたが、途中から晴れたことで格子ターゲットに光が反射してしまい、SMC が上手くターゲットを認識出来なかったためと考えられる。

次に実橋での変位計測として橋長 64m、幅員 8.3m の RC 橋を対象とした。(写真 5 参照) 載荷試験での載荷方法は 10ton のトラックを用いて行う。図 3 に示すような D-0 といった英数字はトラックの前輪を示しており、D, A, B, C の順でトラックを一旦止め、変位計測を行い、それを 0, 1, 2, 3 のラインで計測を行っていく。変位計測においては橋梁に 6mm 間隔と 10mm 間隔の格子ターゲットを貼り付け(写真 6, 写真 7 参照)それぞれ 2 台の SMC を用いて計測を行う。また今回の場合でも SMC の精度検証のため接触式変位計を同時に用いた。

計測結果を表 3 に示す。変位計による値を真値として SMC との誤差率を計算したところ、表 4 に示すように D-2 から C-2 のラインでの誤差率が小さい結果が得られたが D-0, D-1 のラインは誤差率が大きくなってしまった。要因としては計測点と載荷点が離れているため検知出来る変位が微小になってしまったため精度が落ちてしまったと考えられる。しかし、載荷点の近い 2 や 3 は精度良く計測出来たため載荷点によっては十分 SMC でも計測可能であることが分かった。

4. まとめ

- (1) LDV を用いた固有振動数の計測精度の高さ確認することが出来た。
- (2) 劣化が進展するにつれて固有振動数が下がる傾向がみられた。これを利用することで構造物の変状を検知できる手がかりを得られるのではないかと考える。
- (3) SMC より得られた計測値の精度は高いが天候などに左右されやすいことが分かった。

参考文献

1)国土交通省 HP

(http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo1_1.pdf)

2) 宮崎, 川林: 橋梁実測振動特性の統計解析, 土木学会論文報告集第 311 号 1981 年 7 月 p.49-58

3) 共和電業 サンプルングモアレ法

<http://www.kyowa-ei.com/jpn/product/special/smc2-2/index.html>

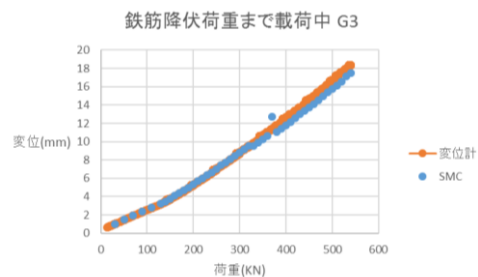


図 2 変位計測結果



写真 6 ターゲット



写真 5 RC 橋



写真 7 計測風景

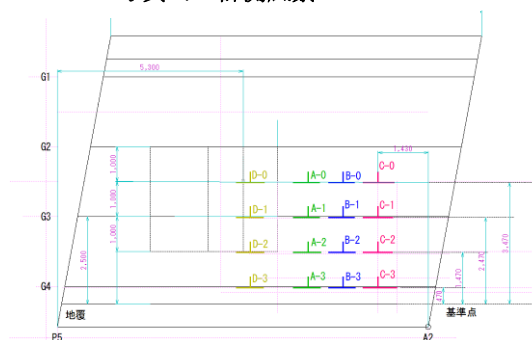


図 3 トラック位置図

表 3 変位計測結果

	D0	A0	B0	C0
6mm	-0.07	-0.09	-0.11	-0.11
10mm	-0.07	-0.1	-0.11	-0.11
変位計	-0.05	-0.07	-0.08	-0.07
	D1	A1	B1	C1
6mm	-0.13	-0.17	-0.19	-0.19
10mm	-0.14	-0.18	-0.2	-0.2
変位計	-0.09	-0.13	-0.13	-0.12
	D2	A2	B2	C2
6mm	-0.13	-0.19	-0.21	-0.19
10mm	-0.17	-0.23	-0.24	-0.21
変位計	-0.15	-0.2	-0.21	-0.19
	D3	A3	B3	C3
6mm	-0.25	-0.33	-0.34	-0.33
10mm	-0.25	-0.32	-0.33	-0.33
変位計	-0.22	-0.27	-0.28	-0.27

表 4 誤差率

	D0	A0	B0	C0
6mm	0.4	0.29	0.38	0.57
10mm	0.4	0.43	0.38	0.57
	D1	A1	B1	C1
6mm	0.44	0.31	0.46	0.58
10mm	0.56	0.38	0.54	0.67
	D2	A2	B2	C2
6mm	0.13	0.05	0	0
10mm	0.13	0.15	0.14	0.11
	D3	A3	B3	C3
6mm	0.14	0.22	0.21	0.22
10mm	0.14	0.19	0.18	0.22