

光学的計測法を用いた撤去 RC 桁の検査, 診断及び実橋への利活用に関する研究

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, 我が国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.

2. 実験概要(橋梁 A)

本計測では橋長 8.3m, 支間長 7.8m, 幅員 9.75m の RCT 桁橋を計測対象とした. (今後この橋を橋梁 A と呼ぶ.) 10ton の重りを 2 個使用し, 載荷試験を行う.

2.1 振動計測

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.

3. 切断桁

次に橋梁 A を切断し, 切断桁として載荷試験を行った. 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, 各計測を行った. 計測対象を写真 3 に示す.

3.1 振動計測

計測風景を写真 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, 載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がわかる. 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.

3.2 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. 変位計と SMC より得られた変位の比較を図 2 に示す.



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

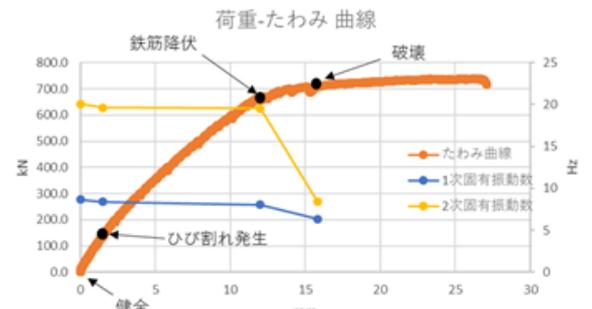


図 1 荷重-たわみ曲線

キーワード LDV, SMC, 固有振動数,

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文政町 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 TEL095-819-2590

図2に示すように基本的には2つの計測値がよく一致する結果が得られた。しかし計測が上手く出来ない場合も見られた。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。

4. 実験概要 (橋梁 B)

次に実橋での計測として橋長 64m, 幅員 8.3m の RC 橋を対象とした。(今後この橋を橋梁 B と呼ぶ。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。

4.1 振動計測

本計測では LDV を用いて振動計測を行った。対象区間は図4に示すように、P5~A2 区間の G2 と G3 を計測点とした。

3回ずつ計測を行い、平均を取ったところ鉛直1次の固有振動数の値が 12.193Hz という結果が得られた。次に FEM 解析により解析モデルを作成し固有値解析を行ったところ解析値が 12.466Hz という結果が得られた。橋梁 B での P5~A2 区間は写真5に示すように、特に損傷が酷かったため、3.1でも述べたように劣化が進むことで固有振動数が下がることが確認出来た。

4.2 変位計測

変位計測においては橋梁に格子ターゲットを貼り付け(写真6, 写真7参照) 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 との相対誤差を計算したところ、表4に示すように D-2 から C-2 のラインでの相対誤差が小さい結果が得られたが D-0, D-1 のラインは相対誤差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い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。

5. まとめ

- i. LDV を用いた固有振動数の計測精度の高さを確認することが出来た。
- ii. 劣化が進展するにつれて固有振動数が下がる傾向が見られた。これを利用することで構造物の変状を検知出来る手がかりが得られるのではないかと考える。
- iii. SMC より得られた計測値については、精度は高いが天候や変位の大きさなどに影響されやすいことが分かった。しかし、設置の容易さを考えると条件さえ整えられれば十分効率化が見込めることが分かった。

参考文献

- 1)国土交通省 HP (<http://www.mlit.go.jp/road/>)
- 2) 加藤, 島田: 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>

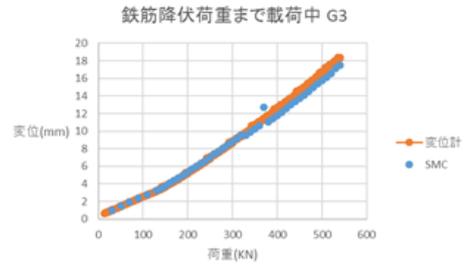


図2 変位計測結果

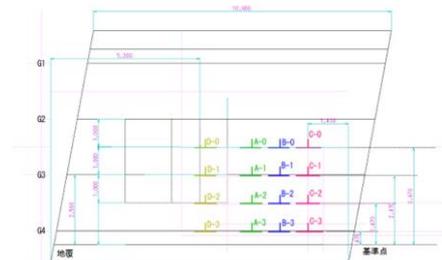


図3 トラック位置図

● LDV ターゲット



図4 橋梁 B の LDV 計測点



写真5 主桁の鉄筋剥離部



写真6 ターゲット



写真7 計測風景

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

表3 変位計測結果

	D0	A0	B0	C0
SMC	0.4	0.29	0.38	0.57
	D1	A1	B1	C1
SMC	0.44	0.31	0.46	0.58
	D2	A2	B2	C2
SMC	0.13	0.05	0	0
	D3	A3	B3	C3
SMC	0.14	0.22	0.21	0.22

表4 相対誤差