

レーザドップラ速度計を用いた固有振動計測とその実橋への適用

長崎大学大学院 学生会員 ○宮崎 翼 長崎大学 正会員 松田 浩
長崎大学 正会員 出水 長崎大学 非会員 山下 務

1. 序論

構造物は、疲労や環境要因による顕著な材料劣化、地震による損傷などにより、構造物の剛性が低下し、揺れの増大や固有振動数の変化を引き起す。これらの変化をとらえるためには振動計測のモニタリングが有効であると考えられる。社会基盤施設の振動計測によるモニタリングでは、高精度かつセンサの設置に高所・危険作業が伴わず、センサの配線作業が煩わしくないこと、などが求められる。このような要求性能を満たす振動計測モニタリングとして、レーザドップラ速度計(LDV)を利用した常時微動計測によるモニタリング手法が適用されている事例がある。

以上に鑑み、本研究では長距離・非接触で振動計測を可能としたレーザドップラ速度計(LDV:図1)を用いて、実橋への適用性を検討すると共に、振動特性を同定する事を目的とする。

2. レーザドップラ速度計概要

本計測器は構造物にレーザ光を照射し、その反射光を受光するドップラ効果を利用して物体の速度を非接触で検出するものである。さらに、検出した速度のFFT処理を行うことで物体の固有振動数を求めることができる。また、数m～数十m離れた場所から構造物の振動計測を行うことができるため、従来の振動計測におけるセンサ設置にかかる時間や高所作業による危険を伴う作業を回避することができる。また、LDVのもう一つの特徴として、比較的大きな応答から常時微動まで計測可能である。

3. PC梁の固有振動数計測

本実験ではPC桁(図2)に4点曲げ載荷試験を行い、一定載荷毎に載荷を止めて固有振動計測を行った。試験体は健全な物と欠陥がある物(スリットを入れ、PC鋼材を切断)の2体に載荷を行い、欠陥の有無や損傷が及ぼす固有振動数への影響について検討した。

3.1 試験体概要

使用した試験体はスパン 7000mm, 断面積 98.71 mm^2 , 使用鋼材は SWPR7BL 1S12.7 12 本である。試験体の側面図及び断面図を図2, 図3に示す。また試験体写真を図4に示す。

3.2 実験概要

計測結果を表1に示す。また、荷重-変位曲線を図5に示す。実験結果から、LDVと速度計の結果はほぼ一致している。健全な試験体は350kNで破壊し、240kNから固有振動数の減少が見られた。欠陥のある試験体は280kNで破壊に至り、200kNから固有振動数が減少している。さらに、欠陥のある試験体では、240kN～280kNにかけて大幅に変位が増大し、振動数が減少している。

以上より、損傷程度による固有振動数の変化を計測する事ができ、損傷の程度が大きくなる事で欠陥の有無による固有振動数の影響も計測する事ができた。



図1 レーザドップラ速度計

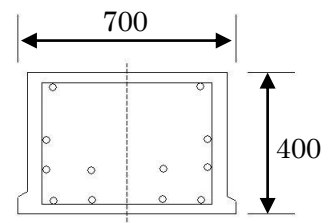


図2 断面図

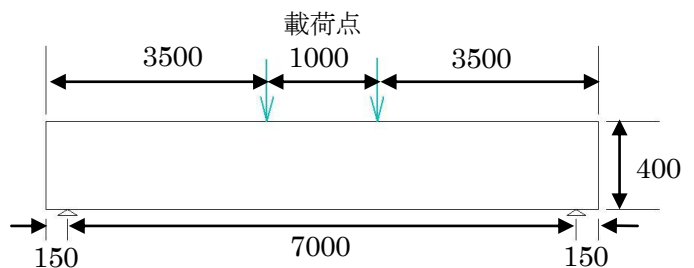


図3 側面図

キーワード：レーザドップラ速度計、長距離・非接触、固有振動数計測、維持管理

住所：長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院生産科学研究科環境システム工学専攻

電話, FAX : 095-819-2590



図 4 PC 試験体

表 1 LDV と速度計比較表

荷重(kN)	健全		欠陥	
	LDV(Hz)	速度計(Hz)	LDV(Hz)	速度計(Hz)
40	43.95	—	—	—
80	44.92	44.43	43.95	44.35
120	44.92	43.7	44.92	45.31
160	45.9	44.18	44.92	44.43
200	44.92	44.18	41.02	41.69
240	41.02	41.25	40.04	40.03
280	38.09	38.08	34.67	34.86
300	38.09	38.08	—	—
320	37.11	37.1	—	—
350	35.16	35.64	—	—

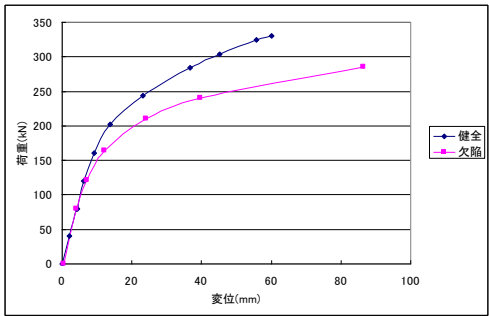


図 5 荷重－変位曲線

4. 歩道橋の固有振動計測

4.1 対象橋梁概要

計測対象とした橋梁は、図 6 に示す長崎県西彼杵郡長与町に位置する中尾城公園内の歩道橋である。橋梁形式はワーレントラス橋であり、橋長は 110m である。

4.2 計測概要

本計測では、2 台の LDV を用いて 2 点同時計測を行った。これより、2 点における振動数同定とともに、2 点の位相差から低次モードの推定を行う。また、加振方法は人力による強制加振とし、励起が容易な中央点に加振を行った。計測点を図 7 に示す。

4.3 解析モデル

本解析は上弦材、下弦材、斜材、垂直材に梁要素を適用し、境界条件は中尾城公園の歩道橋の設計書に基づき一端完全固定、他端・中央部付近はローラー支持とした。解析ソフトは UC-win/Frames(3D)を用いている。解析モデルを図 8 に示す。

4.4 実験結果と解析結果の比較

2 台の LDV の計測結果と解析結果を表 2 に示す。2 台の LDV の計測結果に誤差はなく、計測された波形の位相差も微小であることから卓越した振動数は鉛直方向の曲げ振動を計測していると推定できる。このことから、解析結果における 1 次、4 次、6 次モードの固有振動数(図 9, 10, 11)であると考えられる。これより、計測結果は良好な結果を得る事ができ、実橋への適用の見通しがついていた。

5. 結論

- ・ 変状発生の有無による固有振動数の変化を計測することができた。
- ・ LDV の実橋への適用性を確認することができた。

(参考文献)

- 1) 上半文昭, 構造物の振動を非線形で測る, 2007
- 2) 土木学会 「2005 年制定 コンクリート標準示方書 [規準編] JIS 規格集」, 2005



図 6 中尾城公園歩道橋

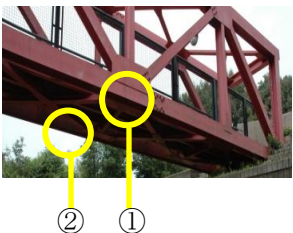


図 7 計測点

表 2 実験・解析結果の比較

モード	固有振動数(Hz)		
	1次	4次	6次
LDV1	2.08	4.52	6.59
LDV2	2.08	4.52	6.59
位相差(°)	0.16	0.6	0.3
解析結果	2.14	4.51	6.89
誤差	3.0%	0.2%	4.0%

※誤差=(解析 - 実験)/解析×100

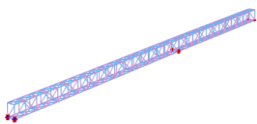


図 8 解析モデル

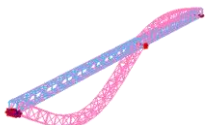


図 9 1 次モード
(2.14Hz)



図 10 4 次モード
(4.51Hz)

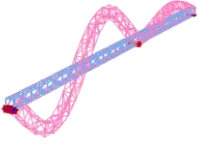


図 11 6 次モード
(6.89Hz)