

LDV を用いた長距離固有振動数計測による構造健全度評価に関する基礎的研究

長崎大学大学院 学生会員 ○宮崎 翼 長崎大学大学院 学生会員 川林 大祥
 長崎大学 正会員 松田 浩 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。これらの変化を継続的にモニタリングすることにより、構造物の変状発生の有無や変状の程度を評価できると考えられる。しかし、構造物の振動を測定するためには、センサやケーブルなどの設置と撤去に多くの時間を要しており、また、高所作業による危険も伴う場合が多い。そのため、長距離非接触で振動測定を行うことは、安全・安心の観点から今後重要な課題と考えられる。本研究では長距離非接触測定が可能であるレーザドップラ速度計(図1)と無線LAN速度計(図2)を用いて、構造物の損傷と固有振動数の変化について検討することを目的としたものである。

2. レーザドップラ速度計の概要

非接触で振動計測を行うことを目的とし、レーザドップラ速度計(LDV)による方法を採用した。本計測器は構造物にレーザ光を照射し、その反射光を受光し、反射光の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。さらにそれを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を測定でき、センサ設置など高所作業を伴う危険な測定作業を回避できる。また、比較的大きな応答から常時微動まで計測可能である。

3 RC 桁の固有振動計測

(1) ひび割れ発生に伴う固有振動数の低下

スパン長10m、鉄筋量0%(8D16)、幅400mm、高さ900mm、有効高さ800mmの単鉄筋長方形梁の固有振動数を算定したところ、全断面有効な場合の固有振動数が8.76Hz、ひび割れ断面の場合の固有振動数が4.08Hzとなり、ひび割れにより固有振動数が約半分に低下する。

以上の結果を受けて、損傷などによる振動特性の変化に着目し、長年供用されてきた志賀島橋を切り出したスパン8000mmのRC桁(図3)に4点曲げ載荷試験を行

い、レーザドップラ速度計と加速度計を用いて固有振動計測を行った。

(2) 結果と考察

得られた計測結果を表1に、荷重-たわみ曲線を図4に示す。900～1000kNにかけてレーザドップラ速度計では固有振動数が減少していることがわかる。この時たわみが大幅に増大していることから、剛性の低下による固有振動数の減少を計測したと考えられる。しかし、加速度計ではこの変化が見られていないため、検討の余地があると考えられる。



図1 レーザドップラ速度計

図2 無線LAN速度計



図3 試験体

表1 レーザドップラ速度計と加速度計の比較

載荷荷重(kN)	固有周波数(Hz)	
	加速度計	レーザドップラ速度計
0	6.67	8.06
200	5.52	5.37
400	6.49	—
600	5.43	6.87
800	5.98	10.86
1000	5.86	1.10

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

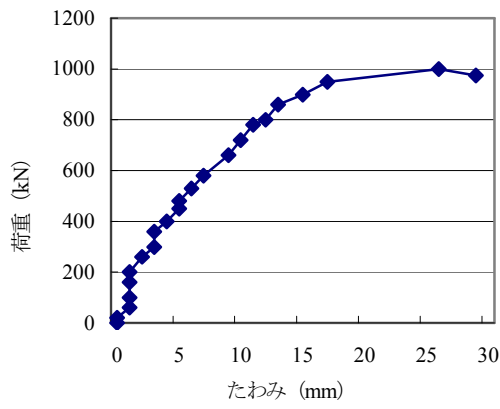


図4 荷重－たわみ曲線（スパン中央部）

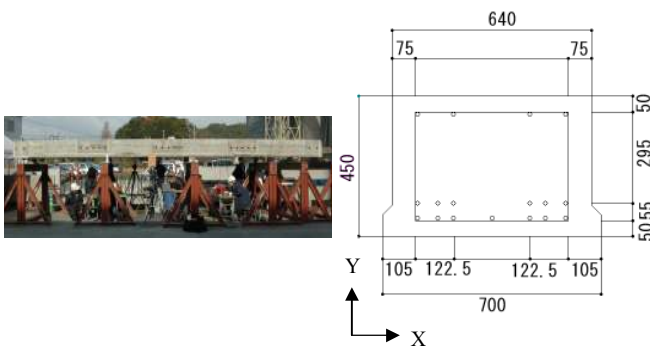


図5 試験体

図6 断面図

表 2 PC 鋼材切断前後の固有振動数の比

	固有振動数 (Hz)			
	レーザドップラ速度計		無線LAN速度計	
	X	Y	X	Y
切断前	4.15	12.450	4.15	12.329
切断後	4.15	12.330	4.15	12.329



図7 PC 鋼より線の固有振動計測

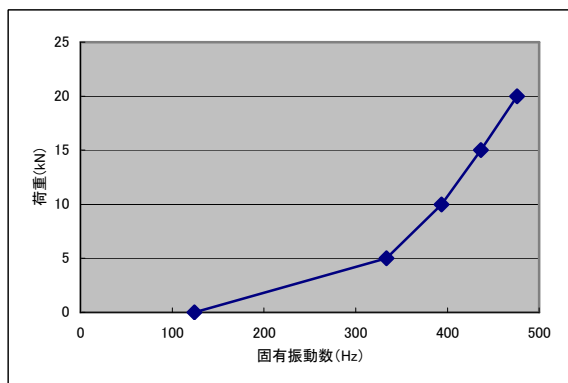


図8 荷重－固有振動数曲線

4. PC 鋼材切断実験

実験に用いたスパン 7000mm の試験体を図 5 に、断面を図 6 に示す。本実験では、構造物のプレストレス力低下による振動特性の変化に着目し、PC 鋼材切断前後における固有振動計測を行った。計測にはレーザドップラ速度計と無線 LAN 速度計を用いた。

(1) 結果と考察

実験で得られた計測結果を表 2 に示す。PC 鋼材を切断したことでプレストレス力低下による固有振動数の減少が予想されたが、PC 鋼材の切断前後で固有振動数の変化は見られなかった。これは、無載荷であることとコンクリートの自重分はプレストレスの範囲内であることにより、剛性の変化が生じなかったためであると考えられる。今後の予定として載荷を行うことで、ひび割れ進展に伴う剛性低下と振動特性の変化を計測することができるのではないかと考えている。

5. 緊張力を受ける PC 鋼より線の固有振動計測

PC 鋼より線に 20kN まで引張試験を行い、5kN 毎にレーザドップラ速度計を用いて固有振動数を計測した（図 7）。実験に用いた PC 鋼より線(1S-19.3)は径 19.3mm で固定長さは 400mm である。

実験から得られた結果を図 8 に示す。実験結果から、緊張力の変化に伴い固有振動数が増加し、除荷後の固有振動数も載荷前に比べ増加している。このことから、緊張力の変化に伴う固有振動数の変化を計測することが確認された。この結果から橋のケーブル張力の計測など維持管理にも応用できるのではないかと考えられる。

6. まとめ

- (1) レーザドップラ速度計を用いて橋のケーブル張力の計測に応用できる見通しがついた。
- (2) レーザドップラ速度計を用いることで、実構造物の固有振動数の変化によって、変状を知る手がかりとなり得るのではないかと考えられる。
- (3) 無載荷の状態では、PC 鋼材切断による固有振動数は変化しなかったため、今後載荷を行うことで、ひび割れ進展に伴う剛性低下とプレストレス力低下による振動特性の変化について追及する予定である。

【参考文献】

- 1) 上半文昭, 構造物の振動を非接触で測る, 2007.
- 2) 上半文昭, 構造物診断用非接触振動測定システムレーザドップラの開発.