

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梁のメンテナンスへの応用に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○ 永山 隼
長崎大学 正会員 牧野 高平

長崎大学 正会員 松田 浩
長崎大学 非会員 山下 務

1. 序論

社会資本である土木構造物(橋梁)は、1970年代の高度経済成長期に数多く建設されており、一般に橋梁の寿命と言われている供用開始後50年を超える老朽化橋梁が今後急増することが予測される。

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こす。そのため、構造物の振動特性を把握することは、変状発生の有無の推定方法の一つとして用いられている。しかし、従来の振動計測は、現場環境によっては使用する事が出来ない場合がある。そこで、長距離非接触での測定が可能なレーザドップラ速度計(以下、LDVと略称)を用いて計測を行った。

本研究ではLDVによる速度計測を行い、そこから構造物の卓越振動数の分析を行った。また、3次元FEM解析モデルにより固有値解析を実施し、構造物の振動特性の把握を行った。

2. 計測目的

本実験は、LDVを用いて固有振動数の計測を行い、3次元FEM解析モデルでの固有値解析を行うことで、構造物の振動特性の把握を行った。また、計測結果をもとに振動モードの算定を行うことも目的としている。本計測で対象とした橋梁は、昭和47年道路橋示方書により設計されており、現行の保有水平耐力の下限値を満足していないため橋脚のコンクリート巻き立て補強工事が行われている。そこで、補強前後の計測結果の比較検討、3次元FEM解析による比較検討を行うことにより補強効果を評価する。

2.1 対象橋梁概要

本計測では、昭和51年度に架設された3径間PCポストテンション単純T桁で、橋長48m(最大支間長19.4m)の橋梁を対象に計測を行った。

2.2 計測方法

本計測では、車によるランダム加振を含む常時微動を計測した。P1-P2間とP1橋脚の計測点については図-1に示す。LDVは、多点での計測が可能である。そこで計測値の高精

度化を図るため、計7点で計測を行った。また、橋脚の計測点は、図-1に示すとおり橋脚上部中央点で行った。計測データより一般車走行時の構造物の固有振動数を分析した。

2.3 3次元FEM解析

解析はP1-P2間の上部工とP1橋脚をモデル化し固有値解析を行った。

(1) 上部工 (P1-P2間)

床版・主桁・横桁・舗装をソリッド要素でモデル化している。また、高欄の剛性も考慮している。境界条件は一端ピン他端ローラーである。図-2に解析モデルを示す。

(2) 下部工 (P1橋脚)

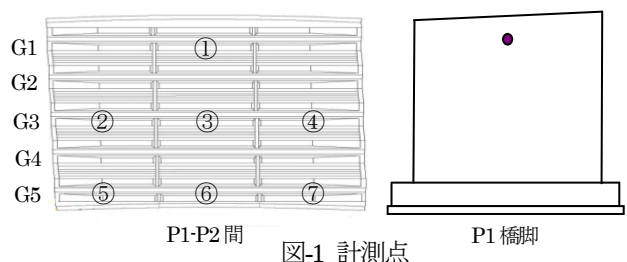
巻き立て補強前後においてソリッド要素でモデル化しており、上部工の重量も換算している。境界条件は直接基礎のため固定とした。図-2に解析モデルを示す。

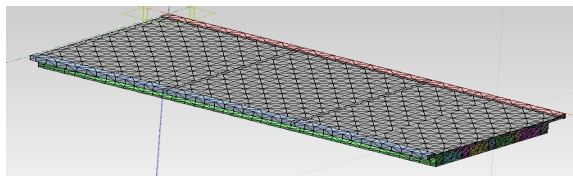
2.4 振動数の比較・考察

解析モデルにより、構造物の振動特性を把握するため、計測値と解析値を比較し、解析モデルが実際の振動特性をシミュレートできているかの確認を行う。結果の比較を上部工は表-1、振動モードを図-3に、橋脚は表-2、振動モードを図-3に示す。計測値は、多点での測定結果を平均した値を求め、解析結果と比較した。

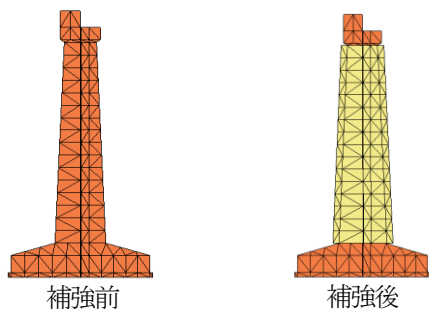
計測値と解析値を比較した結果はほぼ一致している。解析モデルは実際の構造特性をシミュレートできており、解析結果から構造物の振動特性を把握することができたと考えられる。

また、P1橋脚はコンクリート巻き立て補強により振動数が増加している。解析結果も補強により振動数が増加しており、計測値とほぼ一致している。このことから、橋脚の補強効果を確認することができたと考えられる。





(1) 上部工 (P1-P2 間)



(2) 下部工 (P1 橋脚)

図-2 解析モデル

表-1 計測値と解析値の比較 (P1-P2 間)

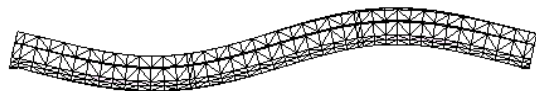
次数	計測値(Hz)	解析値(Hz)	誤差(%)
	平均値		
1次	3.25	3.31	1.81
2次	6.23	6.13	1.63
3次	8.20	7.92	3.41
4次	10.29	10.12	1.65
5次	13.26	13.65	2.86
6次	14.73	15.71	6.24
7次	17.29	17.21	0.46
8次	20.76	19.71	5.06

表-2 計測値と解析値の比較 (P1 橋脚)

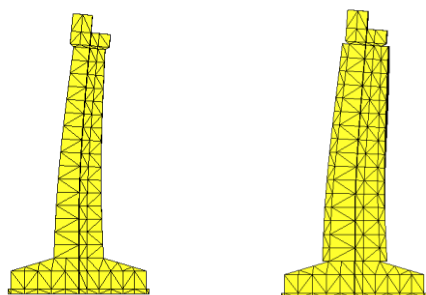
	計測値(Hz)	解析値(Hz)	誤差(%)
補強前	6.05	5.92	2.26
補強後	6.25	6.17	1.30
差(%)	3.24	4.22	



1 次モード



3 次モード



補強前

補強後

図-3 振動モード

2.5 振動モード算定方法

振動計測から振動モードを算定するためには、部分的に重複する計測点の振動計測を複数回行い、そのフーリエ振幅スペクトルおよび位相差から橋梁全体の固有振動モードを求めることができる。

この重複した計測点の振動計測によって得られた位相の計測結果の結合方法を図-4 に示す。この手法を用いて橋梁の振動モードを算定する事ができる。

本計測で算定した振動モード形を図-5 に示す。

また、計測値と解析モデルによってそれぞれ得られた振動モード形を比較すると、算定を行えたことがわかる。

3. 結論

- LDV 計測と 3 次元 FEM 解析により橋梁の振動特性を把握することができた。
- 解析により橋脚の補強効果を確認することができた。
- LDV 計測から振動モードの算定を行うことができた。

【参考文献】

- 上半文昭, 構造物の振動を非接触で測る, 2007.
- 道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編 昭和 47 年

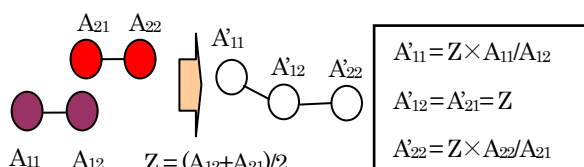


図-4 結合方法

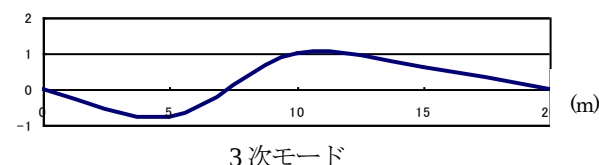
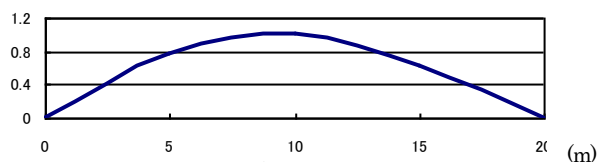


図-5 モード推定図