

レーザードップラー速度計による振動計測と構造同定

長崎大学 正会員 ○牧野 高平 (株)K&Tこんさるたんと 正会員 山縣 琢己
 長崎大学 正会員 宮崎 翼 (株)K&Tこんさるたんと 非会員 柳井 茂
 長崎大学 正会員 松田 浩 (株)建設技術研究所 正会員 石田 辰英

1. はじめに

構造物の振動特性を把握することは、構造的な不具合や劣化などによる剛性の低下を知ることができるため、損傷要因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、構造物に固定し測定する必要があり、現場環境によっては使用することが出来ない場合がある。このため、非接触で測定可能なレーザードップラー速度計の使用について検討を行った。

本検討では、張出し床版に損傷をきたした2径間連続箱桁橋について、レーザードップラー速度計により速度計測を行い、そこから構造物の変位量および卓越振動数の分析を行った。また、計測値(変位、振動数)を基に構造同定したモデルにより固有値解析(3次元FEM)を実施し、構造物の振動特性の把握を行った。

2. レーザードップラー速度計

レーザードップラー速度計は、レーザのドップラー効果を利用し、移動体がどのくらいの速度で離れていくか、またはどのくらいの速度で近づいてくるのかを測定するシステムである。

レーザ光は光の波となって入射光として移動体にぶつかり、移動体が入射光に対して離れていこうとしている場合、反射してくる光の波は幅が広がって帰ってくる。また、入射光に対し移動体が近づいてくる場合は、反対に反射光の波が狭まって返ってくる。この波長変化を測定することで移動体の振動を非接触で測定する。図1にレーザードップラー速度計を示す。



図1 レーザードップラー速度計

3. 計測方法

一般車を除外した橋梁上に、試験車(20tダンプ)を走行させ、図2に示す計測位置で計測を行った。レーザードップラー速度計は、多点での計測が可能であるため、計測のバラツキを考慮し、計22点で計測を行った。

計測データより試験車走行時の変位量と卓越振動数の分析を行う。

4. 3次元FEM解析

主桁をシェル要素、床版をソリッド要素としてモデル化し固有値解析を行った。また、地覆および高欄の剛性も考慮した。図3に解析モデル図を示す。

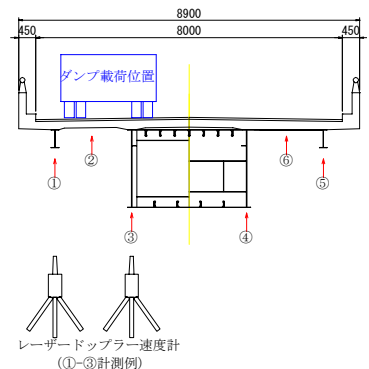


図2 計測方法

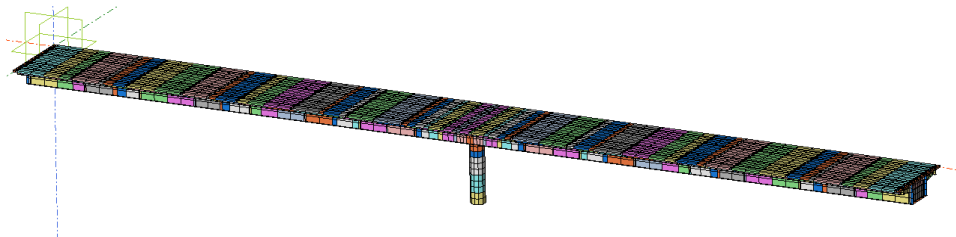


図3 解析モデル図

キーワード 振動計測, 固有値解析, レーザードップラー速度計

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学 TEL095-819-2880

〒277-0005 千葉県柏市柏3-8-17-203 (株)K&Tこんさるたんと TEL04-7160-3714

5. 構造同定

解析モデルにより、構造物の振動特性を把握するため、解析モデルが実際の構造特性を表しているか確認する必要がある。このため、変位および振動数の計測値と解析値の比較を行った。

5. 1. 変位の同定

試験車走行時の最大変位（計測値）と、20 t ダンプを静的に載荷させたときの変位（解析値）との比較を行った。計測値の最大変位は、レーザードップラー速度計により計測した速度を積分し、変位に換算した値を用いている。表 1 に計測値と解析値の結果を示す。

検討の結果、解析値のほうが、計測値よりも若干変位が大きく出ている傾向にあるが、ほぼ一致している。解析値の方が若干変位が大きく出た理由として考えられるは、今回の解析モデルでは、地覆・高欄は考慮したが、舗装までは考慮しなかったことが影響していると考えられる。実際の構造物では、舗装などの剛性が機能していると推測される。

表 1 計測値と解析値の比較（変位）

計測点	計測値 (mm)	解析値 (mm)	誤差 (mm)	計測値/解析値
①	-6.45	-6.73	0.28	95.80%
③	-5.05	-5.63	0.58	89.60%
④	-4.4	-4.79	0.39	91.90%
⑤	-4.47	-4.26	-0.21	104.90%

5. 2. 振動数の同定

計測値と解析値の比較を表 2 に、解析結果による振動モードを図 4～図 11 に示す。

計測値は、多点での測定結果（速度）をフーリエ変換し、求めた卓越振動数を集計したものであり、解析値とほぼ一致している。Mode2 次、4 次、6 次の面外振動の振動数が計測値と解析値で若干誤差が生じているのは、計測はレーザー光を鉛直方向に照射したため、面外方向の振動に対して誤差を生じたものと推測される。

以上の結果より、解析モデルは実際の構造特性を表しており、解析結果から構造物の状態を把握することができる。

表 2 計測値と解析値の比較（振動数）

Mode		計測値 (Hz)			解析値
		平均値	標準偏差 σ	平均 $\pm 2\sigma$	
1次	曲げ(面内)1次	2.12	0.09	1.94~2.30	2.30
2次	面外1次	2.72	0.01	2.70~2.74	2.52
3次	曲げ(面内)2次	3.12	0.13	2.86~3.38	3.40
4次	面外2次	5.11	0.50	4.11~6.11	5.25
5次	曲げ(面内)3次	6.34	0.04	6.26~6.42	6.40
6次	面外3次	6.91	0.12	6.67~7.15	6.60
7次	振れ1次	7.15	0.12	6.91~7.39	7.30
8次	曲げ(面内)4次	8.34	0.20	7.94~8.74	8.17

6. まとめ

非接触系のレーザードップラー速度計は、多点の振動測定が可能であり、多点の振動数を集計することで、各振動モードの振動数を特定することが可能であることが分かった。

また、多点の振動計測結果を基にモデル化した F E M 解析により、構造物の状態を把握することが可能であることを示した。

今後は、さらに適用事例を増やし、損傷要因の推定方法の一つとして確立していく予定である。

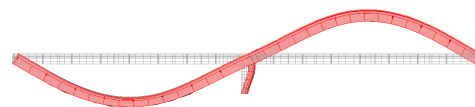


図 4 Mode1 次



図 5 Mode2 次

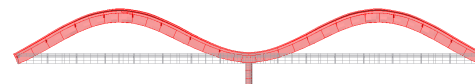


図 6 Mode3 次

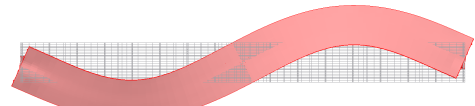


図 7 Mode4 次

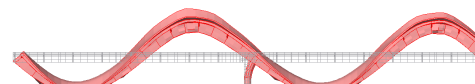


図 8 Mode5 次

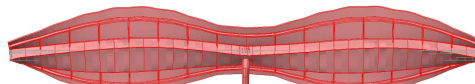


図 9 Mode6 次



図 10 Mode7 次

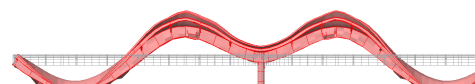


図 11 Mode8 次