

鋼材の腐食が橋の振動性状に及ぼす影響に関する研究

香川高専専攻科 学生員 ○若狭 剛 アイエン工業(株) 非会員 東条 隆則
香川高専 正会員 太田 貞次

1. はじめに

現在、高度経済成長期に建設された数多くの橋で損傷が進行し、維持管理が追いつかない状況が多数見受けられる。そのような中、橋の健全度を把握することは重要である。

本研究では、振動特性を利用した橋の健全度評価を目的として、鋼材の腐食損傷が顕著な橋を対象として、現場振動計測を行った。現場振動計測は全4橋について実施したが、ここでは損傷が顕著な琴弾歩道橋について考察する。

2. 振動解析

汎用有限要素解析プログラムANSISを用いて振動解析を行った。琴弾歩道橋では、損傷が顕著な橋梁(支間長10.5m)と比較的健全な橋梁(支間長12.1m)の2箇所を対象とした。損傷は、表-1に示す5ケースを対象として行った。損傷モデルの概要と材料定数を表-1、2にそれぞれ示し、解析モデルを図-1に示す。

表-1 損傷モデルの概要

解析番号	解析の種類
No.1	滑動支点の固定化
No.2	ひんじ支点の回転の拘束
No.3	桁全体の板厚減少(4mm)
No.4	支点上補剛材の断面欠損
No.5	支点上のウェブの孔明き

表-2 材料定数

	弾性係数(GPa)	ポアソン比	密度(t/m ³)
床版	2.8	0.2	2.30
桁	20	0.3	7.85

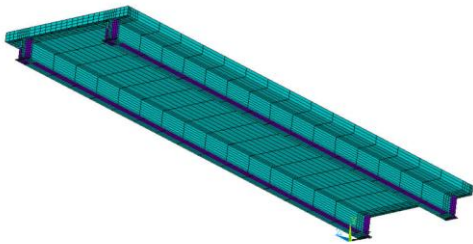


図-1 解析モデル図(琴弾歩道橋)

2.1 解析結果

解析により得られた固有振動数を表-3に示す。なお、表中の損傷橋梁とは、損傷橋梁を対象とした支間長で

損傷要因を考慮していないモデルである。

表-3 解析結果(琴弾歩道橋) [Hz]

振動モード	健全橋梁	損傷橋梁	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
1次	7.6	10.6	16.6	16.6	15.3	16.5	16.2
2次	27.0	35.0	34.6	34.7	31.2	34.4	34.2

表-3より、損傷橋梁の解析結果とNo.1の解析結果を比較してみると、1次固有振動数が約55%増加している。また、No.2の場合も同様の結果が得られている。このことより、支点が固着することにより、滑動や回転が完全に拘束されたとすると、固有振動数が増加することが分かる。

次に、No.1とNo.3を比較してみると、No.3の固有振動数はNo.1の固有振動数より1次、2次ともに約10%低下している。このことより、桁の板厚が減少すると、固有振動数は低下することが分かる。

No.1とNo.4、5を比較してみると、3ケースとも固有振動数はほぼ同じ値になっている。このことより、垂直補剛材の断面欠損や、支点上の桁の断面欠損といった狭い範囲での損傷は、固有振動数にあまり影響を及ぼさないことが分かる。

3. 現場振動計測

橋の損傷が振動性状に及ぼす影響を調べるために、現場振動計測を行い固有振動数と減衰定数を求めた。

3.1 対象橋梁

本研究では、①高橋②千光寺橋③黒川大橋④琴弾歩道橋の計4橋を対象として計測をおこなった。対象橋梁の一例として、琴弾歩道橋の全景と損傷状況を写真-1、2にそれぞれ示す。



写真-1 全景



写真-2 支点部

3.2 計測方法

振動加速度は橋の支間中央と1/4位置にサーボ型加速度変換機を設置して計測した。計測は、人がジャン

プして起振する強制振動と、定常振動の2ケースに対して行った。一例として、琴弾歩道橋(健全部)における強制振動波形を図-2に示す。

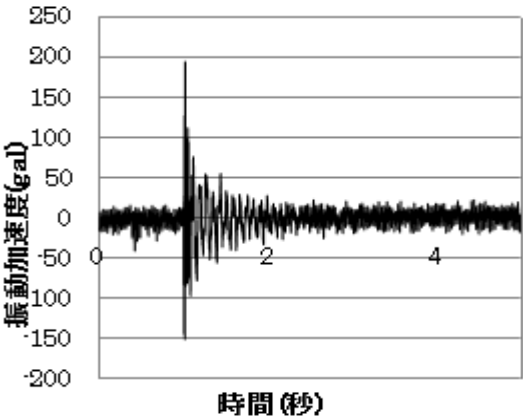


図-2 振動加速度波形(琴弾歩道橋)

3.3 固有振動数の計算

振動計測で得られた振動加速度波形は、複数の周波数を持つ波が合成されたものである。そのため、高速フーリエ変換プログラムにより、橋の固有振動数を求めた。計算結果の一例として、図-2の振動加速度波形を対象としてフーリエ解析を行って得られた振動加速度スペクトルを図-3に示す。

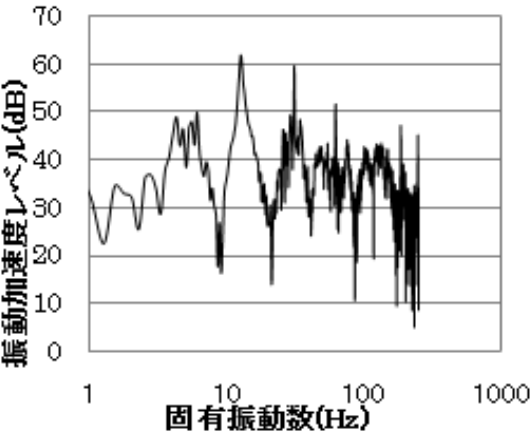


図-3 振動加速度スペクトル(琴弾歩道橋)

3.4 減衰定数の計算

減衰定数は振動加速度波形における振幅を利用して次式により計算した。

$$\ln \left| \frac{y_m}{y_{m+n}} \right| = \frac{2n\pi h}{\sqrt{1-h^2}}$$

ここに、 y_m および y_{m+n} はm番目とm+n番目の振動加速度波形の振幅、 h は減衰定数を示す。

3.5 計測結果

現場振動計測で求めた固有振動数を表-4に、減衰定数を表-5にそれぞれ示す。

表-4 計測結果(琴弾歩道橋) [Hz]

振動モード	健全橋梁	損傷橋梁
1次	7.3	12.3
2次	29.0	30.8

表-5 減衰定数(琴弾歩道橋)

	健全橋梁	損傷橋梁
減衰定数	0.0162	0.0445

表-5より、損傷橋梁の減衰定数は健全橋梁の減衰定数の約3倍大きくなっていることが分かる。

4. 解析結果と計測結果の比較

表-3、4より、健全橋梁では解析結果と計測結果がほぼ一致していることが分かる。このことより、健全橋梁では解析で固有振動数を求めることは可能であることが分かる。しかし、損傷橋梁においては、解析結果が計測結果より約14%低下している。この差が橋の固有振動数に及ぼす損傷の影響であると思われる。

表-3のNo.1、2と表-4の損傷橋梁を比較すると、約25%程度の違いがある。このことから、支点が固着することにより、滑動や回転が完全に拘束されたとすると、計測結果とは掛け離れた値になってしまうことが分かる。

次に、表-3のNo.3と表-4の損傷橋梁を比較すると、約20%程度の違いはあるものの、先ほどのNo.1、2よりは値が近くなっていることが分かる。桁の板厚の減少量が大きいほど、固有振動数も低下するので、板厚の減少量を変化させていけば、解析結果において計測結果に近い値を得ることは可能である。また、逆に解析結果から、橋の桁の板厚減少量を求めることも可能だと思われる。

5. まとめ

本研究で確認された事柄を以下に示す。

- 1) 健全な橋梁であれば、解析によって固有振動数をほぼ正確に求めることが可能である。
- 2) 支点部の滑動、または回転を拘束すると固有振動数は増加する。
- 3) 桁の板厚を減少させると固有振動数は低下する。
- 4) 支点部付近の局所的な損傷は、固有振動数にあまり影響を及ぼさない
- 5 腐食損傷により、橋の減衰が大きくなる。

参考文献

- 1) 能勢和彦, 村越潤, 麓興一郎, 次村英毅, 見原理一:FEM解析による鋼桁橋の損傷が応力、変位に及ぼす影響に関する検討, 土木学会第60回年次学術講演会