

橋梁の損傷が振動性状に及ぼす影響に関する基礎的検討

高松高専専攻科 学生会員 ○若狭 剛
高松高専 正会員 太田 貞次

1. はじめに

高松工業高等専門学校で独自に行っている実践的維持管理座で現地調査を行った土器川橋は、RC ゲルバーT 桁橋で、右岸側は補修が行われているのに対し左岸側は損傷を受けたままの状態となっている。本研究では、この2橋を対象に現場振動計測を行い、橋梁の損傷状況が振動性状に及ぼす影響を調べた。

2. 橋梁の現況

土器川橋の一般図を図-1 に、損傷がひどい左岸側支点部と全景を写真-1 にそれぞれ示す。

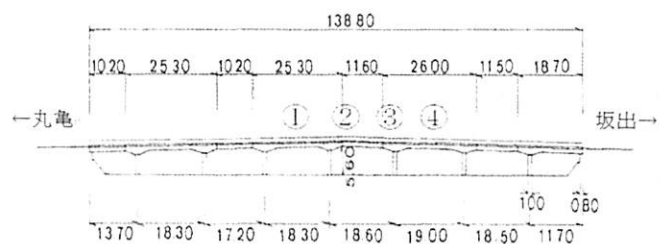
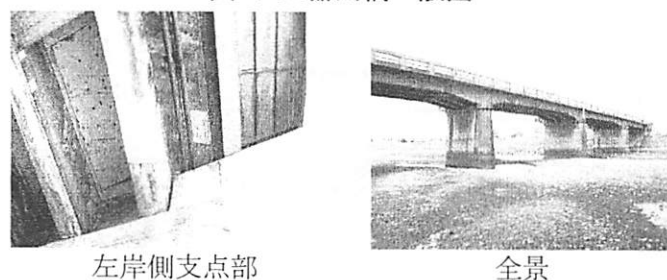


図-1 土器川橋一般図



左岸側支点部

全景

写真-1 土器川橋

3. 振動解析

汎用有限要素解析プログラム ANSYS を用いて土器川橋の固有振動数解析を行った。①、②は損傷橋梁の支間部と張出し部、④、③は健全橋梁の対応する場所である。今回は図-1 の④の部分モデル化した。その際、橋梁の固有振動数に対し影響が小さい舗装部とハンチ部は省略し、モデルを簡略化している。解析に使用した材料定数とモデルを表-1、図-2 にそれぞれ示す。

表-1 材料定数

	健全モデル	支点部損傷モデル	床版損傷モデル
弾性係数	2.8GPa	2.8GPa	1.4GPa
ポアソン比	0.2	0.2	0.2
密度	2.3t/m ³	2.3t/m ³	2.3t/m ³
バネ定数		1×10 ⁹ N/m	

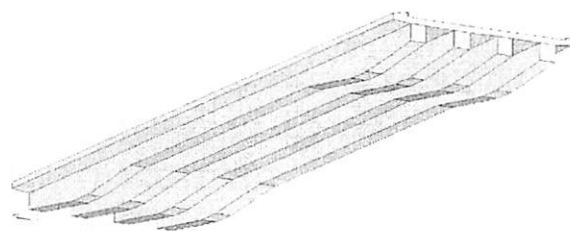


図-2 土器川橋解析モデル

写真-1 からわかるように、左岸の支点部は著しく損傷を受けており、健全な橋梁モデルに対する解析とは別に損傷部分を $1 \times 10^9 \text{N/m}$ のバネ定数を持つバネでモデル化した解析を行った。また、床版損傷によりコンクリート部分の剛性が低下することに伴う影響を調べるために、弾性係数を半分に低下させた場合についても解析を行った。

3.1 解析結果

解析により得られた固有振動数を表-2 に示す。表より、支点部損傷モデルの固有振動数は健全モデルの固有振動数と比較して、1次振動では18%、2次、3次振動ではそれぞれ10%、23%減少した。また床版損傷モデルの固有振動数は1次から3次の全てで29%減少している。これは損傷部の存在により橋全体の剛性が小さくなった影響によるものである。

表-2 解析結果 [Hz]

振動モード	I. 健全モデル	II. 支点部損傷モデル	III. 床版損傷モデル	II/I	III/I
1次	21.1	17.3	14.9	0.82	0.71
2次	34.7	31.2	24.5	0.90	0.71
3次	43.1	33.3	30.5	0.77	0.71

4. 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、健全、損傷両橋梁のそれぞれ対応する断面位置で振動を計測した。ここでは図-1 の①と④位置の計測結果を代表させて考察する。

4.1 振動加速度の計測方法

振動加速度は橋梁の車道の端に設置したサーボ型加速度変換器を通して計測した。振動加速度は、人のジャンプまたは車両走行時により生じる強制振動と、定常振動の3つのケースについて求めた。振動加速度波

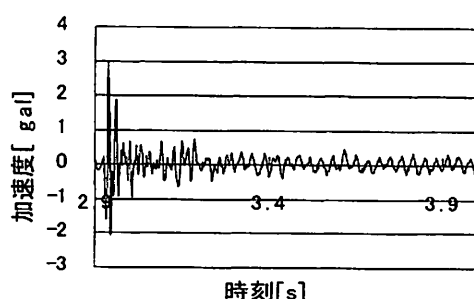


図-3 振動加速度波形

形の一例として、人がジャンプして得られた波形を図-3に示す。

4.2 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、フーリエ変換プログラムを作成し、橋梁の固有振動数を求めた。計算結果の一例として、図-3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-4に示す。

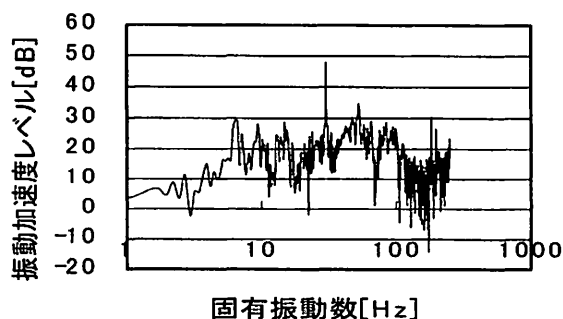


図-4 振動加速度スペクトル

4.3 現場計測結果

現場計測で得られた固有振動数を表-3に示す。なお、固有振動数は解析結果を参照し、鉛直振動モードのみを取り出した。1次モードは鉛直対称1次モード、3次モードは鉛直逆対称1次モードに対応している。表より現場計測で得られた固有振動数は損傷橋梁の方が健全橋梁に比べて1次モードで78%、3次モードで71%低い値となり、解析結果と同じ傾向が示された。

次に計測結果と解析結果の比較を表-4に示す。表より健全橋梁では1次モードで9%、3次モードでは1%の違いとなり、解析により実際の橋梁の振動を再現出来ているといえよう。また損傷橋梁の場合には、支点部損傷モデルで1次、3次モードとも10%程度の違いとなった。なお、床版の剛性低下のみで損傷を評価した場合には、固有振動数はほぼ一致した。

表-3 計測結果 [Hz]

振動モード	I. 健全橋梁	II. 損傷橋梁	割合 II/I
1次	19.25	15.00	0.78
3次	42.75	30.25	0.71

表-4 計測結果と解析結果の比較
(計測結果/解析結果)

振動モード	健全橋梁	損傷橋梁	
		支点部	床板
1次	0.91	0.87	1.00
3次	0.99	0.91	0.99

4.4 減衰定数の計算

減衰定数は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。得られた減衰定数を表-5に示す。表より、損傷橋梁の減衰定数は健全橋梁の減衰定数の約3倍と大きくなっていることがわかる。

表-5 減衰定数

	健全橋梁	損傷橋梁
減衰定数	0.0136	0.0556

6. まとめ

現場振動計測により振動加速度波形を求め、この波形をフーリエ解析して固有振動数を計算した。また、汎用有限要素解析プログラムANSISを用いて、健全橋梁と損傷橋梁2ケース、3種類の解析モデルに対する固有振動数を計算した。

本研究で確認された事柄を以下に示す。

- 1) 損傷橋梁は健全橋梁と比較して固有振動数が小さい
- 2) 損傷橋梁は健全橋梁と比較して減衰定数大きい

これより、固有振動数や減衰定数を測定することによって、その橋梁の損傷状況を判断できる事がわかる。実橋の損傷状況と、解析による固有振動数、減衰定数の低減状況との整合については今後の課題である。

参考文献

- 1) トランスナショナルカレッジオブブックス：フーリエの冒険，ヒップファミリークラブ，1988年。
- 2) 小坪清真：土木振動学，森北出版。