

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

香川高専 正会員 太田 貞次

1. はじめに

高度経済成長期に建設された数多くの橋が供用開始後 40 年を経過し、橋の老朽化が問題となっている。しかし、早急に全ての橋の補修・補強を実施することは困難であり、安全に使用するためには橋の健全度や耐荷力を評価することが求められる。本研究では、鋼材の腐食損傷にともなう健全度の低下が振動性状に与える影響について、現場振動計測による検討を行った。

2. 現場振動計測

橋の損傷が振動性状に与える影響を調べるために現場振動計測を行い、橋の固有振動数と減衰定数を求めた。

2.1 計測の概要

本研究では、香川県内にある腐食の損傷が顕著な橋、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行った。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-2 より、腐食が進行し支点付近のウェブには小さな穴が空いている事がわかる。



写真-1 全景



写真-2 支点部

比較的健全な橋梁(以下、健全橋梁)と損傷が顕著な橋梁(以下、損傷橋梁)を対象として、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、現場振動計測を行った。また、フーリエ変換プログラムにより、現場振動計測で得られた振動加速度波形を振動加速度スペクトルに直し、固有振動数を抽出した。一例として、琴弾歩道橋(健全橋梁)における振動加速度波形と振動加速度スペクトルを図-1, 図-2 にそれぞれ示す。

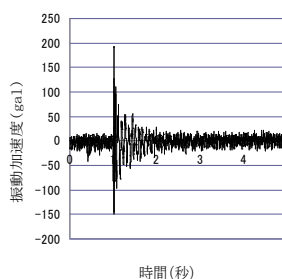


図-1 振動加速度波形

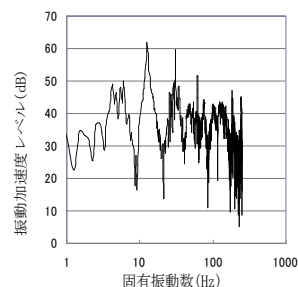


図-2 振動加速度スペクトル

2.2 計測結果及び考察

(1) 固有振動数

現場振動計測で求めた琴弾歩道橋と高橋の固有振動数を表-1 に示す。

表-1 固有振動数 [Hz]

橋の種類		振動モード	
		1次	2次
琴弾歩道橋	健全	7.3	29.0
	損傷	12.3	30.8
高橋	健全	21.4	74.0
	損傷	9.1	29.4

(2) 減衰定数

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。計算結果を表-2 に示す。

表-2 減衰定数

	健全橋梁	損傷橋梁
琴弾歩道橋	0.0162	0.0445
高橋	0.0235	0.0449

表-2 より、琴弾歩道橋、高橋共に損傷橋梁の減衰定数は健全橋の減衰定数に比べて大きくなっている事がわかる。

3. 解析モデルに関する検討

汎用有限要素解析プログラム ANSYS を用いて振動解析を行った。解析は琴弾歩道橋の健全橋梁と損傷橋梁を対象として行った。解析に使用した材料定数と解析モデルを表-3, 図-3 にそれぞれ示す。

キーワード 鋼材の腐食, 固有振動数, 減衰定数, 現場振動計測

連絡先 〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 香川高等専門学校高松キャンパス

表-3 材料定数

	弾性係数(GPa)	ポアソン比	密度(t/m ³)
床板	2.8	0.2	2.30
桁	20.0	0.3	7.85

表-4 計測結果と解析結果[Hz]

振動モード	健全橋梁		損傷橋梁	
	解析	計測	解析	計測
1次	7.6	7.3	10.1	12.3
2次	27.0	29.0	34.3	30.8

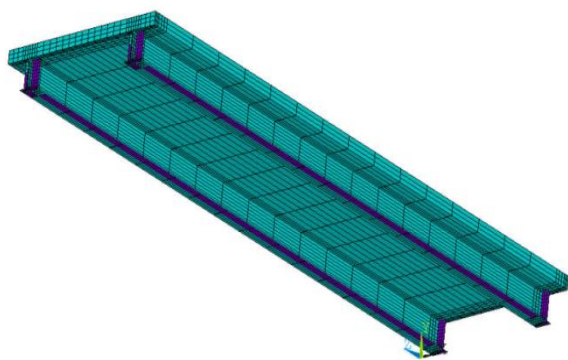


図-3 解析モデル図

解析から得られた固有振動数を計測結果とともに表-4 に示す。

表-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わかる。それに対して、損傷橋梁では解析結果と計測結果で差が生じている。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。

橋の固有振動数に及ぼす損傷の影響を究明するために、損傷橋梁の健全モデルに様々な損傷を与えた損傷モデルを作成し、損傷の影響を調べた。解析結果を表-5 に示す。

表-5 の case-1, 2 は腐食が進行することによって生じる支点部の固着現象を、水平移動および回転の拘束で評価したものである。解析結果より、支点部が拘束されると、1 次固有振動数が大きくなることがわかる。しかし、解析結果と計測結果で大きな差があり、腐食にともなう支点部の固着は水平移動を完全に固定するほど拘束が大きいものでないことがわかる。なお、2 次固有振動数に対する水平移動拘束ならびに回転拘束の影響はほとんど見受けられない。

case-3 から case-5 では支点部の損傷をバネ支持とすることで評価した。3 種類のバネ定数で解析を行った結果、バネ定数を小さくすると 1 次固有振動

表-5 解析結果(琴引歩道橋)[Hz]

case	支点部損傷方法	固有振動数	
		1次	2次
1	水平移動固定	16.6	34.6
2	水平移動・回転とも固定	16.6	34.7

case	バネ支持	固有振動数	
	バネ定数 $\times 10^7$ (N/m)	1次	2次
3	100	16.3	34.8
4	10	14.6	34.6
5	1	11.3	34.4

case	板厚減少量(mm)			固有振動数		備考
	上フランジ	ウェブ	下フランジ	1次	2次	
6	0	0	5	9.4	32.0	全範囲
7	0	5	0	10.1	34.2	下部1cmの範囲
8	0	5	5	9.3	31.9	case6+case7

case	垂直補剛材欠損	固有振動数	
		1次	2次
9	両端下部1cm	10.1	34.2
10	両端下部5cm	10.1	34.1

数が減少し、適切なバネ定数の選定により腐食による固着の評価が可能だと思われる。

case-6 から case-8 では、腐食による桁の板厚減少を評価している。解析結果より、板厚が減少すると固有振動数は 1 次、2 次共に低下することがわかる。しかし、case-7 のような狭い範囲での損傷は固有振動数にほとんど影響を及ぼさない。

case-9, 10 は、腐食による垂直補剛材の欠損を、桁の板厚をほぼゼロとすることで評価している。解析結果より、case-7 と同様、狭い範囲での損傷は固有振動数にほとんど影響を及ぼさないことがわかる。

4. まとめ

健全橋梁では計測と解析で求めた固有振動数がほぼ一致していたのに対し、損傷橋梁では大きく値が離れていた。また、様々な損傷モデルで解析を行い、計測結果と比較した結果、腐食にともなう支点部の固着は水平移動を完全に固定するほど大きくないことがわかった。そのため、支点をバネ支持とした損傷モデルを提案し解析を行った結果、バネ定数を小さくすると 1 次固有振動数が減少する事がわかった。適切なバネ定数の決定については今後の課題である。なお、支点部の回転の拘束や局所的な損傷については、固有振動数に対する影響は小さい。

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, I-659.