

構造物の部材レベルの損傷に伴う振動性状の変化に関する実験的検討

九州大学大学院工学府
九州大学大学院工学研究院
九州大学大学院工学研究院
九州大学大学院工学府

正会員 ○山崎 智彦
正生員 古川 愛子
フェロー 大塚 久哲
学生会員 梅林 福太郎

1. はじめに

構造物の損傷前後における振動特性の変化から損傷を検出する手法には、固有振動数・減衰やモードシェープなどの固有振動特性を利用した手法と、周波数応答関数¹⁾を用いた手法に大きく二分される。本研究では実橋梁を対象として微動計測とマイクロ起振器を用いた振動実験を行い、上記の振動特性が構造物の損傷レベルの増加に伴って、どの程度変化するのかを検討し、各振動特性の損傷に対する感度について考察を行った。

2. 実験内容

(1) 対象構造物

本研究で対象とした構造物は、写真-1に示した熊本県阿蘇郡阿蘇町地内の菊池赤水線に架かる車帰橋である。(写真-1において、手前側は新橋、奥側が旧橋であり、本研究で実験の対象としたのは奥側の旧橋である。)この橋梁は昭和38年に架設された図-1に示す橋長47.0m、幅員4.8mの単径間鋼製トラス橋である。図-1の側面図に節点番号および要素番号を記す。



写真-1 車帰橋

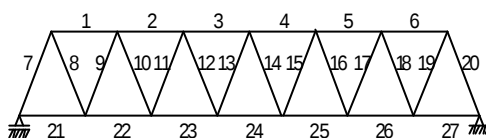


図-1 側面図



写真-2 マイクロ起振器

(2) 計測手法と計測器の配置箇所

上述の車帰橋に対して微動計測と起振実験を行った。起振実験で用いたマイクロ起振器を写真-2に示す。起振振動数は橋梁の共振を避け7.5Hzとした。起振力は221.8Nである。本実験では、橋軸方向および鉛直方向に加速度計を設置し、計測は橋梁の片面のみとした。

(3) 損傷モデル

本研究では、損傷を入れる前の状態を健全モデルとし、損傷はトラスの斜材(H型鋼)に与えた。

(a)損傷モデルA：要素8に50%の断面欠損を部材長さ方向に10cm入れたモデル。ここに、断面欠損はH型鋼のウェブ半分と一方のフランジをガスバーナーで切除した。断面欠損部が斜材の長さ方向中央に位置するようにした。

(b)損傷モデルB：要素8に50%の断面欠損を部材長さ方向に50cm入れ、要素15に切り欠きを入れたモデル。ここに切り欠きは1.0cmの長さである。

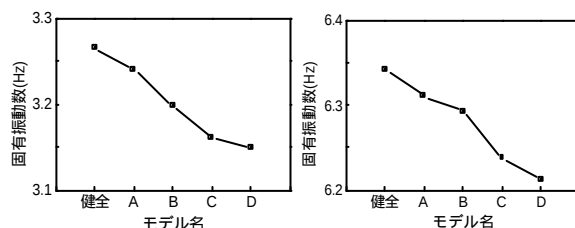
(c)損傷モデルC：要素8に50%の断面欠損を部材長さ方向に200cm入れ、要素15に50%の断面欠損を部材長さ方向に100cm入れたモデル。

(d)損傷モデルD：要素8に50%の断面欠損を部材長さ方向に300cm入れ、要素15に50%の断面欠損を部材長さ方向に300cm入れたモデル。

3. 実験結果

(1) 固有振動数

本研究では、実験で得られたデータからパワースペクトルを算定し、そのピーク点での振動数を固有振動数として算出した。損傷による固有振動数の変化を図-2に示す。図-2(a)、(b)から、1次モード・2次モードともに損傷を負うごとに減少していることが分かる。



(a) 1次モード

(b) 2次モード

図-2 固有振動数

キーワード 損傷検出, 振動特性, 微動計測, 起振実験, マイクロ起振器

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1号 九州大学大学院 工学府

TEL&FAX: 092-642-3268 E-MAIL: t-yama@doc.kyushu-u.ac.jp

(2) 減衰定数

減衰定数はパワースペクトルからハーフパワー法を用いて算出した。図-3に損傷前後の減衰定数の変化を示す。前述した固有振動数とは異なり、2次モードでは損傷を負うごとに減衰定数が大きくなる傾向はつかめるが、1次モードでは傾向が一定ではなく損傷の程度と減衰の変化量との明確な関係は見出せなかった。

(3) モードシェープ

損傷によるモードシェープの変化について検討するために、節点11のフーリエ振幅の値を1.0とした場合のその他の節点におけるフーリエ振幅の比を図-4に示す。図-4から節点2においては損傷に伴い、フーリエ振幅が増加しているが、その他の節点ではそのような傾向は見られない。損傷要素8に隣接する節点1、9におけるモードシェープも、損傷要素15に隣接する節点5、12におけるモードシェープもほぼ一定であり、損傷に対する感度は固有振動数に比べて低いことが分かる。

(4) 起振振動数でのフーリエ振幅

マイクロ起振器を用いた起振実験結果について述べる。図-5から図-8に起振振動数でのフーリエ振幅を示す。図-5から図-6では、起振点や計測箇所によって応答値の変化の様子が異なり、損傷による応答値の明確な相関を把握することは出来ず、橋軸方向起振時の橋軸方向の応答値を損傷検出の入力データとして用いたとしても、良い結果を得ることは困難であると考えられる。図-7、図-8では、どの節点においても損傷の増加に伴い減少しており、損傷との相関を確認することが出来た。

4. 損傷に対する各振動特性の感度の比較

図-9は、固有振動数、減衰定数、モードシェープ、起振振動数でのフーリエ振幅それぞれについて損傷モデルAを1とし、その他の損傷モデルは損傷モデルAで除した値を示している。固有振動数に着目すると、損傷によって減少しているが、その変化率は微々たるものである。減衰定数に着目すると、1次モードと2次モードで変化の様子が異なることがわかる。また、モードシェープに着目すると、節点2は損傷に伴い増加しているが、損傷の程度に関わらず一定に増加していることが分かる。節点12は損傷要素に近いにもかかわらず、モードシェープはほぼ一定で、損傷に関する感度が低いことが分かる。

起振振動数でのフーリエ振幅に着目すると、節点9で鉛直方向に起振した時の節点1、節点14で鉛直方向に起振したときの節点12での鉛直方向の応答値は両者とも減少し、それぞれ付近の要素の損傷が大きくなる損傷モデルAとBの間、損傷モデルBとCの間でその減少量も大きく現れている。

5. 結論

本文では、損傷前後の実橋梁を対象として実施した微動計測とマイクロ起振器を用いた起振実験の実験結果を示すとともに、部材の損傷に伴う振動性状の変化についての検討を行った。その結果、鉛直起振時の起振振動数でのフーリエ振幅を損傷検出のための入力データとして用いることの有意性を示した。

参考文献

1) 古川愛子, 清野純史, 小型起振器の利用を想定した構造物の高精度損傷評価システムについて, JCOSSAR2003:617-624, 2003.

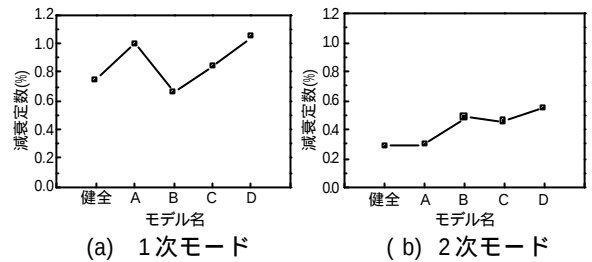


図-3 減衰定数

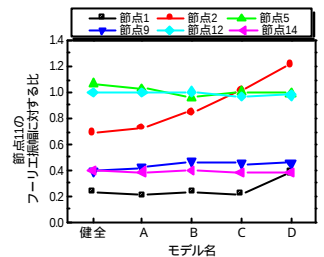


図-4 損傷に伴うモードシェープの変化

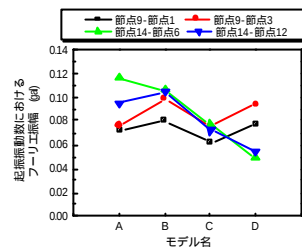


図-5 損傷による橋軸方向起振時の橋軸方向の応答の変化

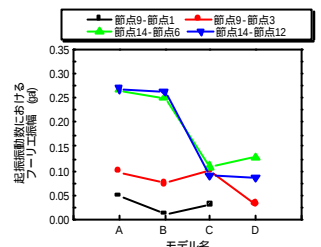


図-6 損傷による橋軸方向起振時の鉛直方向の応答の変化

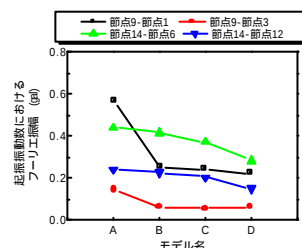


図-7 損傷による鉛直方向起振時の橋軸方向の応答の変化

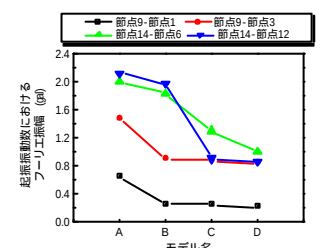


図-8 損傷による鉛直方向起振時の鉛直方向の応答の変化

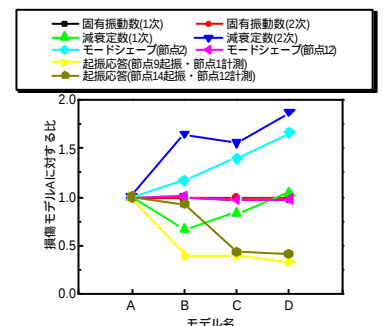


図-9 損傷による固有振動数・減衰定数・モードシェープ・起振応答の変化率の比較