

異方性を考慮した木橋の部分的腐朽が固有振動数に与える感度

環境構造工学分野 7020501 青野 紫音
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

現在の日本において既存の橋梁をメンテナンスしていくことが重要であるが、部材の劣化具合については目視や打音検査が主であり、定性的な評価しかできていない状況にある。定量的な評価を行うために固有振動数から橋梁全体の剛性を推定することができる。先行研究¹⁾でのかじか橋の3D解析モデルにおいては、アーチ部分に異方性を適応していなかったことで振動試験から得られた固有振動数と解析によって得られた固有振動数に違いが生まれたのではないかと考えられる。本研究ではアーチに異方性を適応した際の固有振動数の変化や全体解析に及ぼす影響について感度解析により検討していく。

2. 対象橋梁

本研究の対象橋梁として、1987年に架設された上路アーチ道路橋「かじか橋」について解析を行う。大断面集成材を使用した車道橋の中でもアーチ橋としては第1号橋である。架設から36年経過しており、2019年の健全度調査による目視試験から木部材の腐朽はあきらかである。調査時の写真を写真-1に示す。



写真-1 アーチ端部の腐朽

3. 解析モデルの設定

解析ツールのSalome-Mecaを用いて、対象橋梁を3Dモデル化し振動解析を行う。アーチ部分についての異方性の適応はアーチ部分を15分割し、それぞれに対して局所座標を用いてアーチ部分の異方性を再現する。今回の解析に用いた部材の物性値は表-1、表-2に表すとおりである。

表-1 床版健全時諸元

ヤング率	比重	ポアソン比
10.29GPa	0.541	0.4

表-2 主構健全時諸元

ヤング率	比重	ポアソン比
9.60GPa	0.459	0.4

(1) 腐朽箇所の設定

解析モデルの腐朽箇所については目視試験で確認された腐朽を図-1のように与える。アーチ部分に腐朽を与える箇所は写真-1のように目視試験において腐朽が確認できた端部 A_1 、 A_5 と鋼板に覆われて雨水の滞留が予想され、目視試験でも腐朽が確認された A_2 、 A_3 、 A_4 を設定する。各箇所における腐朽範囲は深さが30mm、長さが1000mm程度、幅が200mmとしている。また、目視試験において腐朽の確認はされていないが、鋼板に覆われた縦桁下面の支柱との接合部に雨水が滞留し、腐朽しやすいと予想される C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 においても腐朽を与える。縦桁下面の腐朽範囲は深さが30mm、長さが600mm、幅が200mmとしている。以上により木材の部分的腐朽が固有振動数の低減にどのような影響を与えるのかを振動解析によって調べる。

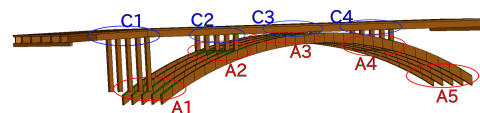


図-1 解析モデル 腐朽箇所

4. 解析手法

(1) 振動解析

図-1に示した腐朽について1箇所ずつヤング率を健全時(9.6GPa)、健全時の0.9倍、0.8倍、...、0.4倍、0.3倍と段階的に減少させていく。ヤング率以外の物性値は健全時と同じとし表-1、表-2の値を与える。以上の(8段階のヤング率)×(腐朽9箇所)=72通りの振動解析の結果より部分的な腐朽が木橋の固有振動数に与える影響を確認する。

(2) 感度解析

腐朽箇所 1 箇所ごとに水平 1 次モード, 鉛直逆対称 1 次モード, ねじれ逆対称 1 次モード, 鉛直対称 1 次モードの 4 つの振動モードにおいて腐朽 13 段階分の固有振動数が得られる。振動モード 1 つにつき 13 段階のヤング率と固有振動数のプロットをとり, その回帰線を最小二乗法によって作成する。決定係数 R^2 で感度の評価をする例もあるが, 各腐朽箇所, 振動モードにおいて有意な差が見られなかったため今回は回帰直線の傾きの大きさを感度判定を行う。

5. 解析結果

振動解析の結果の一部を図-2, 図-3 に示す。前述の通り, 決定係数 R^2 は 1 に非常に近い値であるため感度解析では回帰直線の傾きの大きさによって評価を行う。4 つの振動モードに対して図-2, 図-3 のようにグラフを作成した後に回帰直線の傾きを取り出し, 棒グラフにしたものが図-4, 図-5 である。縦軸が回帰直線の傾きの大きさを表し, 横軸が腐朽箇所ごとの振動モードである。感度解析によって, 振動の腹で感度が高くなることがわかった。

6. 逆解析

感度解析によって感度が高かった A_2, A_4, C_2, C_4 に腐朽が発生していると考えられることからこれらを腐朽箇所とし, ヤング率を健全時の 1%(96MPa) とする。鉛直逆対称 1 次がかじか橋の代表的な振動モードであるため, 鉛直逆対称 1 次の固有振動数に対して測定値と解析値が一致するようなヤング率を入力して解析を行った。その結果, 等方性では 50.4% の残存 (主構部 4.84GPa, 床版 5.19GPa) だったのに対して異方性では 69% の残存 (主構部 6.62GPa, 床版 7.10GPa) だった。この結果は, 建設から 30 年異常経過した木部材のヤング率としては妥当ではないかと考えられる。

7. まとめ

木橋に対して部分的な腐朽を設定し, 各箇所ごとにヤング率を段階的に低減させて振動解析を行った。その結果, 4 つの振動モードからヤング率の低減と固有振動数の低減の関係が二次の多項式または対数式で回帰することが明らかとなった。また, 感

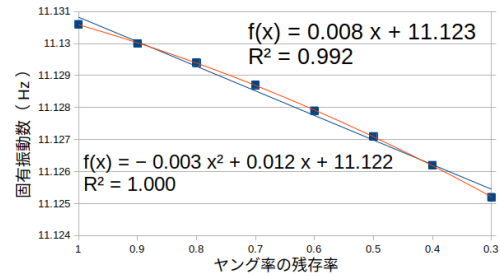


図-2 A1 腐朽時の逆対称 1 次モード

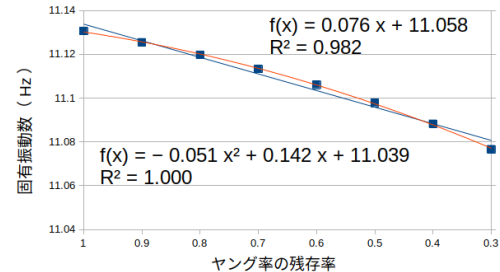


図-3 A2 腐朽時の逆対称 1 次モード

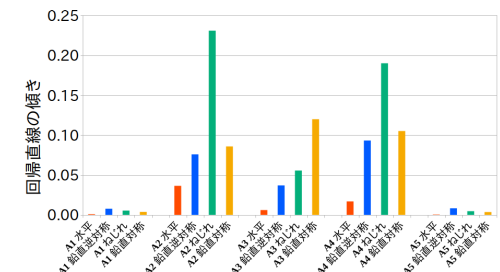


図-4 $A_1 \sim A_5$ の感度解析

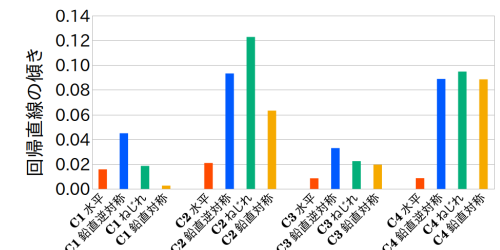


図-5 $C_1 \sim C_4$ の感度解析

度解析によって振動の腹となるところでは感度が高く, 振動の節となるところでは感度が低くなるということがわかった。以上の結果からかじか橋の劣化状態を逆解析によって予測したところ, 等方性では 50.4% の残存, 異方性では 69% の残存であった。架設から 27 年経過して架け替えられたためおと橋での部材ヤング率がおよそ 80% 程度であったことから, 逆解析で得られた異方性の劣化状態は妥当であるのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 青山 昌樹, 及川 大輔, 七五三 拓海, 後藤 文彦, 青木 由香利: 木部材の部分的腐朽が木橋の固有振動数に与える影響, 木材工学研究発表会講演概要集 21, p.75-80, 2022.