

部材損傷度に着目したニューラルネットワーク (SOM) を用いた橋梁の損傷同定に関する解析的研究

大阪市立大学大学院 学生会員 ○堂ノ本 翔平
 京都大学大学院 正会員 松村 政秀

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 関東学院大学 正会員 北原 武嗣

1. 緒論

わが国の橋梁は建設から長い年月が経過し腐食などの要因で老朽化が進んでいる。橋梁の健全性を維持していく上で橋梁点検として不可欠な近接目視点検を補助し、効率的でかつ信頼性の高い点検手法が求められている。著者らは、これまでアーチ系橋梁を対象とした解析モデルに強制外力による動的解析を行い、吊り材の健全時と損傷時の加速度応答パワースペクトルのピーク値の比の変化を利用したニューラルネットワークの一つである自己組織化特徴マップ(以下 SOM : Self-Organizing feature Map)により損傷箇所と損傷度の同定を試み、提案手法の有効性を解析的に示した¹⁾。

しかし、損傷部材は複数存在し、その損傷度も軽微なものからそうでないものまで異なっており、これらの点に着目した検討も必要である。本報では、特に損傷度が異なる場合に注目し、補剛桁とアーチリブを損傷部材とした場合の健全時と損傷時の解析モデルの動的解析より得たフーリエスペクトルのピーク値の比を用いた SOM による損傷同定を試み、本手法を適用していくための課題について検討を行った。

2. 対象橋梁と FEM 解析

図-1 に示す小型橋梁模型を対象に解析モデルを作成した。作成した解析モデルを図-2 に示す。

まず、固有値解析を行い、格点部の鉛直、および橋軸直角方向の変形が顕著なモードとして、鉛直 3 次 (振動数 $f=32.20\text{Hz}$)、橋軸直角 2 次モード (振動数 $f=17.46\text{Hz}$) を得た。格点部の呼称は図-2 に示すように補剛桁とアーチリブについてそれぞれ移動支承から順に A~E、A'~E' としている。A~E、A'~E' のいずれか 1ヶ所に損傷を与えた際に解析モデルが共振するよう、sin 波形を決定し ($f=32.20\text{Hz}$ $f=17.46\text{Hz}$) で、図-2 に示す横桁中央である D'' 点を鉛直、橋軸直角方向に加振し、格点部における応答加速度を得る。そして得られた応答加速度からフーリ

エスペクトルを算出する。

損傷は解析モデルを構成している梁要素の断面積と断面 2 次モーメントを変化させることで表現する。想定している損傷は雨水などによる漏水による内面腐食とし、水分が浸入しやすく損傷が起こりやすい格点部を損傷箇所としている。損傷度は箱断面の外形は変えずに板厚を一樣に減少させ、板厚の減少率が 0%、10%、15%、20%、25%、50%、75% の場合とした。例えば損傷度が 50% ならば、板厚を 1/2 としていることになる。

3. SOM への学習・認識データの選択

振幅と位相 (deg) のフーリエスペクトル比をそれぞれ算出する。フーリエスペクトルのピーク値に対し、健全時を 1.000 として損傷時のスペクトルのピーク値を無次元化し、学習・認識データとして利用する。図-3 に示すように、振幅、位相共に橋軸直角方向加振では健全時と



図-1 小型橋梁模型

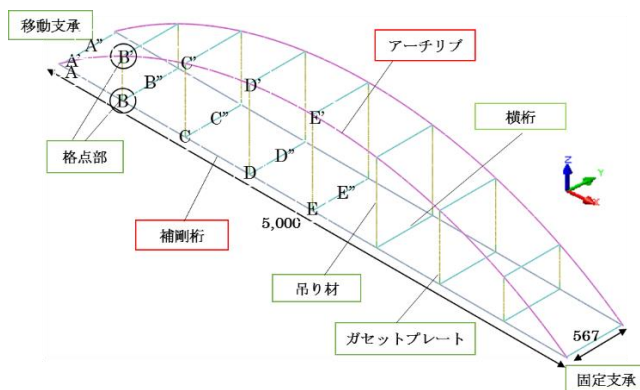


図-2 解析モデル(単位 : mm)

キーワード : フーリエスペクトル 損傷同定 ニューラルネットワーク アーチ系橋梁

連絡先 〒558-8585 大阪住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 橋梁工学分野 TEL&FAX 06-6605-2765

損傷時において顕著な変化は認められず、鉛直方向加振において顕著な変化が見られる場合があった。そこで、鉛直加振に着目して SOM による損傷同定を行った。ここで損傷同定を行うためのフーリエスペクトル比として①振幅②位相③振幅+位相の 3 つのパターンで学習マップの作成を行った結果、図-3 に示すように健全時と損傷時におけるフーリエスペクトル比の変化が大きい、振幅データのみに用いた学習マップが最も精度よく、損傷の分類ができていたことがわかった。図-4 に示す①振幅+位相のデータから作成した学習マップでは、青丸で示すニューロン内に複数のデータが混在しており、学習データの分類が正しくされていないことがわかる。

4. SOM による補剛桁の損傷同定

補剛桁の損傷 B を対象に、3 章で用いた入力データの他に、その損傷度が異なる場合 (10%, 15%, 20%) のデータも入力データの候補として追加し、学習マップの作成と損傷同定を行った。

学習マップを作成する学習データとして 10%, 20%, 50% 損傷 B を用い、認識データとして 15%, 25%, 75% 損傷 B を用いる場合を検討した。その結果を図-5 に示す。図-5 の赤丸で示す 75% 損傷 B、25% 損傷 B の認識データはそれぞれ 50% 損傷 B、20% 損傷 B の領域にプロットされており、損傷箇所の特定は可能と判断される。しかし、図-5 の青丸で示す 15% 損傷 B の認識データは 10% 損傷 E の領域にプロットされており、損傷箇所の特定ができていない。このことは損傷度が低い場合、学習データであるフーリエスペクトル比の変化量が少なく、損傷箇所の特定が難しいと考えられる。

5. 結論

本研究では損傷度に着目して、提案する手法の有効性について解析的に検討した。以下に得られた結論を示す。

- 1) アーチ系橋梁の図-2 の B 点に損傷がある場合に対して鉛直加振と橋軸直角方向に D” 点を加振してフーリエスペクトルを求めたが鉛直加振の方が健全時と損傷時で顕著な変化が見られた。
- 2) フーリエスペクトル比 (振幅) のデータを学習させた場合では損傷度が 25%, 75% の場合ならば損傷箇所の同定を行えたが、損傷度が低い 15% 損傷の認識データでは損傷箇所の同定を行うのは困難であることがわかった。

今後は、損傷同定が可能な損傷度の限界、また損傷度の低い損傷を検知できる学習データについて検討する。

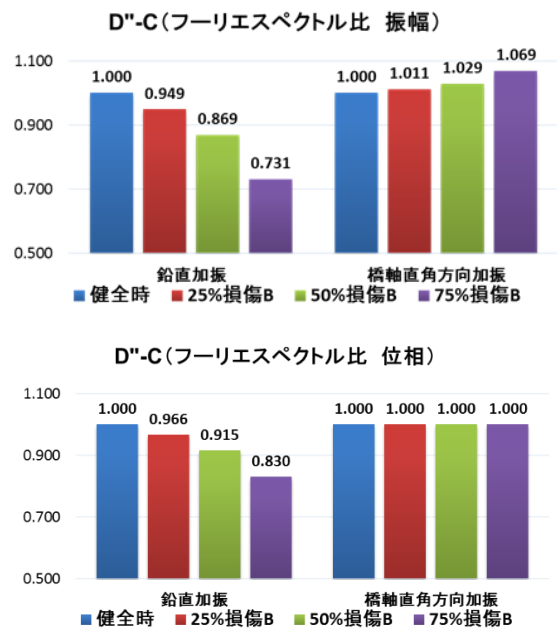


図-3 それぞれの加振方向におけるフーリエスペクトル比振幅 (上)、位相 (下) の比較 (加振点 D” 計測点 C)

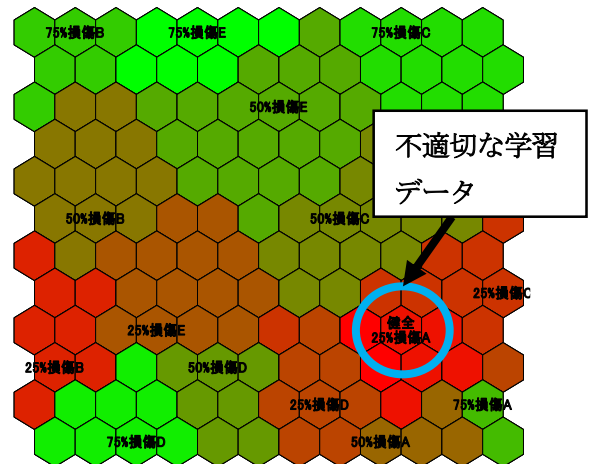


図-4 振幅+位相における学習マップ

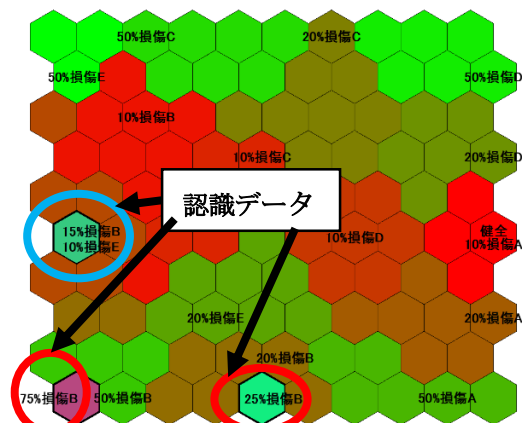


図-5 15%, 25%, 75% 損傷 B 認識後の学習マップ

参考文献

1) 森若 浩二: 自己組織化特徴マップ (SOM) を用いたアーチ系橋梁の健全度診断に関する基礎的研究, 鋼構造論文集第 20 巻第 79 号, 2013.9