

大阪市立大学工学部 学生会員 ○堂ノ本 翔平 大阪市立大学大学院 正 会 員 山口 隆司
 大阪市立大学大学院 正 会 員 松村 政秀 関東学院大学大学院 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程度の同定を試み、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 1 種類だけでなく、かつ複数の部材が損傷する可能性もあり、これらの点に着目した検討も必要である。本報では損傷を複数箇所とし、中でも補剛桁とアーチリブを損傷部材とし、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 による複数損傷同定手法の適応の可否やその有効性について検討する。

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、図-2 に示す格点部の鉛直変形が顕著なモードとして、鉛直 3 次モード(振動数 $f=32.20\text{Hz}$)を得た。図-3 に振動モード図を示す。格点部の呼称は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 ヶ所あるいは複数箇所に損傷を与えた際の解析モデルに対して解析モデルが共振するように sin 波形 ($f=32.20\text{Hz}$) で、図-2 に示す横桁中央である A''~E'' 点をそれぞれ加振し、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



図-1 小型橋梁模型

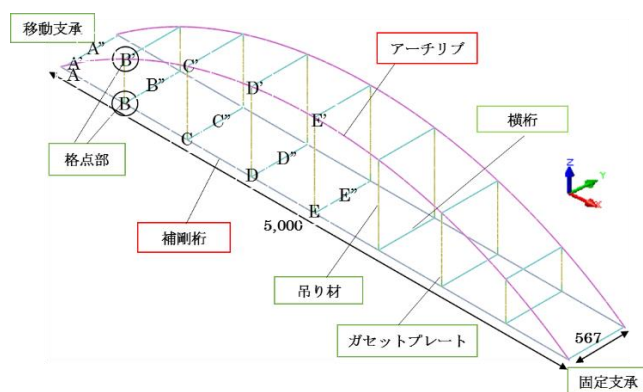
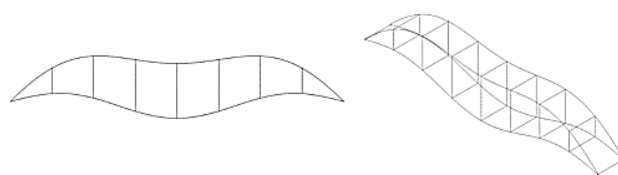


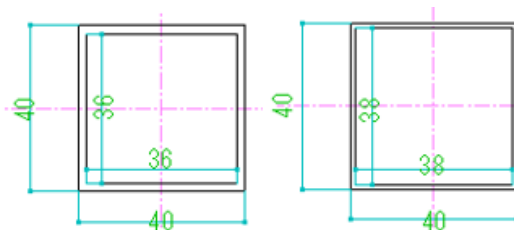
図-2 解析モデル(単位: mm)



(a) 側面図

(b) 全体図

図-3 振動モード図(鉛直方向 3 次)



(a) 健全時断面

(b) 50%損傷時の断面

図-4 アーチリブ断面図(単位: mm)

起こりやすい格点部を損傷位置としている。損傷程度は箱断面の外形は変えずに板厚を減少させ、板厚の減少率が0%, 25%, 37.5%, 50%, 75%, 80%の場合とした。例えば損傷程度が50%ならば、板厚を1/2としている。図-4に一例を示す。

3. SOM への学習・認識データの選択

フーリエスペクトルのピーク値を用い、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た値を学習・認識データとし、学習データからSOMの学習マップを作成する。図-5に示すように、固有振動数では健全時と損傷時で顕著な変化は認められないが、フーリエスペクトル比では顕著な変化が現れる場合もあることがわかる。

損傷同定を行うための学習マップは加振位置、計測点、損傷位置、損傷程度をパラメータとして作成している。ここでは①損傷位置が1ヶ所、②損傷位置が2ヶ所、③損傷位置が2ヶ所でA'の損傷を除く場合の3つのパターンについて学習データを作成し、損傷同定を行った。また学習マップ②、③の認識データはA'点の損傷を除き、3ヶ所損傷している場合の25%損傷B'C'D', B'C'E', B'D'E', C'D'E', 50%損傷B'C'D', B'C'E', B'D'E', C'D'E'の8種類とした。学習するデータの名称が図-6のように学習マップ上に表示される。

4. SOM によるアーチリブの損傷同定

以下に損傷部材としてアーチリブを選択した場合の認識結果についてまとめる。

学習データ①のみで作成した学習マップでは複数損傷の位置の認識は行うことができなかった。これはA'点損傷時の算出したフーリエスペクトル比のデータが健全時と酷似しているためA'点が損傷していることを認識することは困難であると考えられる。

学習データ②で作成した学習マップでは認識データとして損傷個所が3ヶ所の損傷同定を行った結果、2ヶ所までならば損傷位置の認識は可能であった。この2ヶ所は3ヶ所の損傷の中で影響が大きい2つが選択される傾向にあった。

学習データ③で作成した学習マップでは①より損傷の分類が困難な損傷A'を学習データから除き、他は②と同じ条件で損傷同定を行った。②と比べ検知できる損傷項目は変化しなかった。本手法で認識を行った8種類の認識データの内7種類が損傷位置の認識を行うことができた。図-6にパターン③の認識後の学習マップ

プを一例として示す。学習マップは学習したデータを色により分類している。25%損傷B'D'E'の認識データは25%損傷B'E'の領域にプロットされているために25%損傷B'E'のデータと認識されている。また、小型橋梁模型のアーチリブと補剛桁の断面形状がほぼ同じであることから両者の認識結果は同程度となった。

5. 結論

本研究では損傷個所が複数ある場合における損傷同定手法について検討を行った。以下に結論を示す。

- 1)複数損傷の同定を行う際に学習データとして1ヶ所ではなく2ヶ所損傷している場合を用いることで複数損傷の同定を行うことが可能であった。
- 2)複数損傷の同定を行う場合、損傷位置が1つの場合の学習データから分類が困難な損傷を確認しその後、学習データ③のように複数損傷のみの学習データで学習マップ作成時にそれらの損傷を除くことにより選択する損傷を減らすことができ、学習データ作成の効率化が図ることができると考えられる。

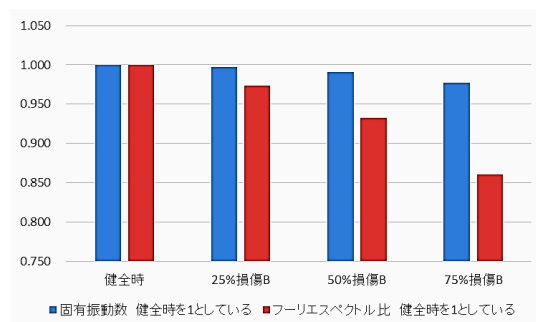


図-5 補剛桁 損傷時におけるフーリエスペクトル比（加振点B' 計測点D'）と固有振動数との比較



図-6 25%損傷 BDE の認識後の学習マップパターン③

〈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