

ニューラルネットワークによるアーチ橋の健全度診断に関する基礎的研究

IHI インフラシステム(研究当時大阪市立大学) 正会員○池田 祥宜 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司
 関東学院大学工学部 正会員 北原 武嗣 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀

1. 背景および目的

現在、橋梁の老朽化が顕在化しつつあり問題となっており、橋梁の点検・診断が必要とされている。橋梁の点検は、目視によって行われるのが一般的であり、その評価は客観性に欠けるなどの問題が挙げられる。今後、増加する劣化橋梁を合理的に維持管理するには橋梁の損傷をモニタリングなどによる客観的に評価する手法を確立し、点検すべき構造物に優先順位をつけ、効率よく点検することが必要である¹⁾。

そこで本研究では、起震機加振による応答モニタリングを想定し、強制外力による動的解析を行い、健全時と損傷時で応答の変化が認められた結果を用いて、自己組織化特徴マップ(以下 SOM : Self-Organizing feature Map)により健全時と損傷時のパターン間の関係構造を明らかにする。そして、その結果をもとに損傷の分類を行い、簡易なモニタリング手法について考察をした。

2. 対称橋梁

対象とする橋梁は、3 径間連続逆ランガーアーチ橋である。橋梁の一般図を図-1 に示す。

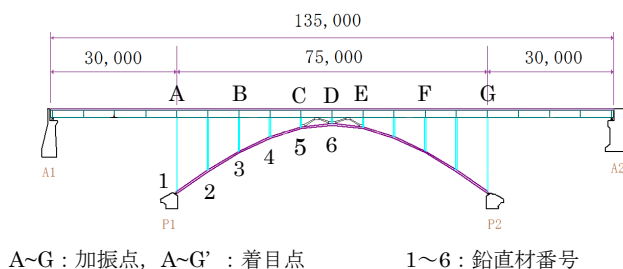


図-1 橋梁一般図

3. 強制外力による動的解析

3.1 解析モデル

解析モデルは床版を4 節点シェル要素、主桁、アーチ部、鉛直材、横構および対傾構は梁要素でモデル化している。支承はアーチ部を固定支承、桁端部をゴム支承でモデル化した。

3.2 模擬損傷

模擬損傷はアーチ橋の実点検で発見された鉛直材下端部の約 200mm を対象に腐食を想定して断面の板厚減

少で模擬した。損傷度は残存板厚に対する健全時の板厚比で表し、25, 50, 75%とした。

3.3 解析手法

強制外力による動的解析は起振機による加振を想定している。加振位置、着目点位置は図-2 に示す。加振位置は橋軸方向に4 箇所(A~D 点)、着目点は同様に7 箇所(A'~G'点)とした。加振方法は損傷による影響がありそうな固有モードに着目し、その固有振動数の sin 波で加振する。ここでは 3.7Hz の固有モード(図-3)を対象とした。入力 sin 波の加振力は起振機を想定して最大で 100kN、振幅は 200kN とした。

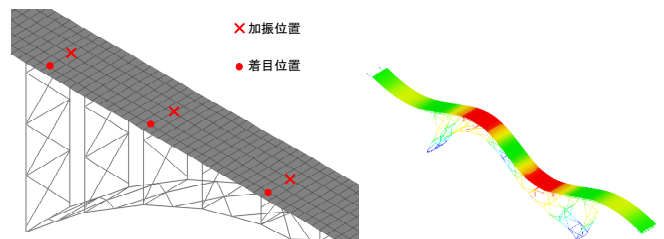


図-2 加振点、着目点位置 図-3 固有モード(3.7Hz)

3.4 解析結果

解析結果より着目点の変位を抽出し、応答が定常となっている部分をFFT解析することで、加振周波数付近の卓越周波数におけるパワースペクトルを抽出する。この値を健全時と損傷時で比較する。その結果、橋軸直角方向に着目したときに応答の変化を確認した。また損傷度により健全時と損傷時を比較した値が変化し、25%より75%の損傷度における変化が大きいことがわかった。

さらに実計測を想定し固有振動数 $\pm 0.05\text{Hz}$ で加振すると、パワースペクトル値は減少していたが健全時と損傷時の比較値は固有振動数で加振したときと傾向がほぼ一致していた。

4. ニューラルネットワークを使用した健全度診断

4.1 使用データに関する検討

強制外力による動的解析の結果を利用し健全度評価を行うためのマップをSOMで作成する。SOMはパターン分類やパターン認識の分野で特に優れていると考えられているため、本研究で用いることとした。

入力データとして対象橋梁を 3.7Hz で加振したときの橋軸直角方向に着目し、健全時と損傷時とで比較した結果を学習データとした．また $3.7\text{Hz} \pm 0.05\text{Hz}$ で解析した結果を認識データとすることで SOM の結果が適切なものであるか判断した．

本研究では実計測における橋梁の健全度診断を考慮しているため、損傷の判断をより少ない計測点（着目点）、加振点で簡単に行うことが重要である．そこで計測点、加振点のデータに関して構造の対称性に着目して検討した．

A～D 点と A～G 点のデータを使用した SOM を行った結果, A～D 点のデータでも損傷の分類は可能であること, A～D 点の各点のデータで SOM を行くと, それぞれ区別できる損傷が違ふことを確認した.

次に加振点について検討する．加振点は A～D の 4 点であり，それぞれの点で加振した結果だけを用いて SOM を行った．その結果，A，D 点を加振したデータが損傷の区別が明確であることがわかった．

以上より、本研究の損傷の判断には A、D 点を加振したときの A'~D'点の計測点を使用して SOM でマップを作成することとする。

4.2 実計測データの使用法

実計測結果を用いてどのように健全度診断を行うのかについて考察する．実際に使用するには健全時(建設時)と健全状態を調べたいときに計測した応答を比較したデータを用いる．次に、計測結果を利用して SOM で学習、または認識を行うのかについて検討する．まず、例として解析により支点沈下を模擬し、その結果を仮の実験結果(「実験結果(仮)」)であるとして SOM により、マップに認識、学習させたものを比較すると、認識を行ったものでは健全の位置に、学習を行ったものでは独立したグループに区別された．学習した結果を図-3 に示す．よって学習を行うことで現在の健全度を判断することができると考えられる．

4.3 健全度診断手法について

提案する健全度診断手法のフロー（案）を図-4 に示す。マップ作成法についてはまず設計図面から解析モデルを作成し、評価したい損傷を決定し、損傷を模擬する。そして健全時、損傷時の応答の変化を比較し、SOM 入力データを作成する。最後に SOM で損傷の区別に必要なデータを選別することでマップを作成する。

実際の橋梁で健全度診断する方法は健全時と現在の

計測結果を比較して **SOM** 入力データを作成し、解析で得られたデータと一緒に学習させることで健全度を診断することができると思われる。

5. 結論および今後の課題

1) 強制外力による動的解析では 3.7Hz で加振したときの橋軸直角方向のパワースペクトルに健全時と損傷時に変化があることを確認した。

2) 損傷を区別するのに必要なデータを選別し, SOM を用いて健全度診断を行うのに最適なマップを作成した.

3) SOM を利用した橋梁の健全度診断手法（案）を提案した。

今後は、本研究で対象としなかった損傷、または損傷が複数ある場合に **SOM** を利用した健全度診断手法を確かめること、さらに実計測において適用できるのかについてがあげられる。

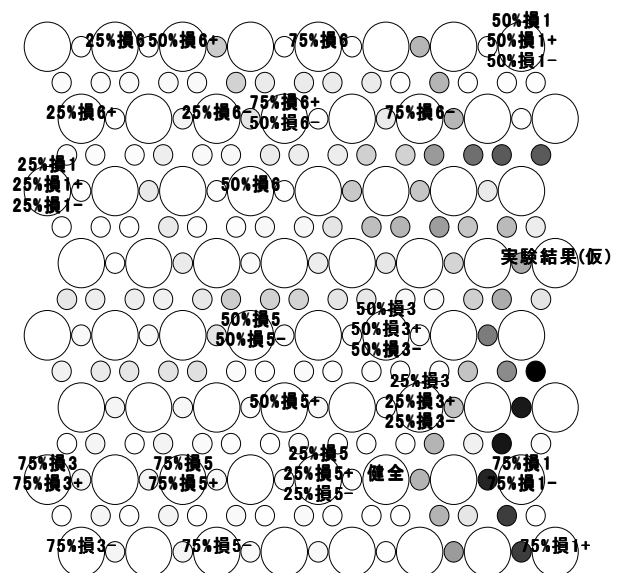


図-3 実験結果(仮)を学習させた SOM 結果

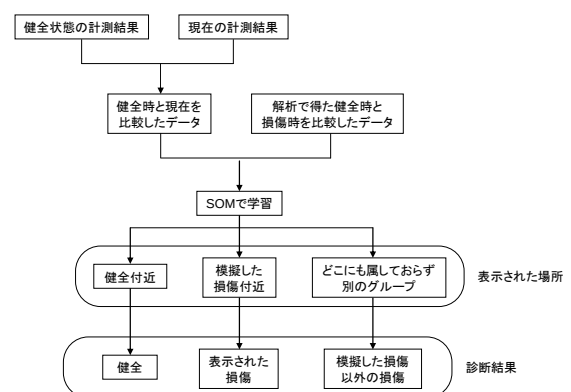


図-4 SOM を利用した健全度診断手法（案）

参考文献

- 1) 橋梁振動モニタリングのガイドライン，鋼構造シリーズ 10，土木学会，2000.3.