

SOM を用いた鋼トラス橋の起振実験による損傷位置評価

関東学院大学 学生会員 ○蜂須賀涼太

関東学院大学 正会員 北原 武嗣

関東学院大学 正会員 岸 祐介

1. 研究背景・目的

我が国では、高度経済成長に伴い国内の橋梁数が大幅に増加した。その結果、2030 年には架設後 50 年以上経過する橋梁が、橋梁全体の約半数にまで増加すると見込まれており、老朽化する橋梁の増加が懸念されている。

今後、さらに増加する劣化橋梁を合理的に維持管理していくためには、橋梁の損傷のモニタリングなど、客観的な評価手法を確立する必要がある。そのための手法として、橋梁の振動特性変化を利用した損傷評価法が注目されている¹⁾。

本研究では、全長 3m の小型トラス橋模型を作成し、起振器による加振実験を行い、実験から得られた加速度応答を用いて振動特性評価を行った。その結果をもとに、健全時と損傷時の差異をニューラルネットワークの一種である自己組織化特徴マップ（SOM：Self-Organizing feature Map 以下 SOM）によって識別し、健全時と損傷時のパターン間の関係構造について検討を行った。本研究では、特に損傷位置の違いに着目し、SOM による損傷個所の特定が可能かどうかを検証することを目的とした。

2. 加振実験

今回の実験では、トラス橋模型を対象に損傷を模擬した状態として、各接点のボルトを緩めた状態、図-1 に橙枠に示した、部材 1、部材 2、および部材 3 を、それぞれ 1 本ずつ取り除いたパターンの状態を設定し、健全状態を含め計 5 パターンに対して加振実験を行った。部材を取り除いたのは、その部分が破断した状態を簡易に模擬したものである。

図-1 に示す 9 つの起振点(赤枠)に対して、小型起振器を使用して 110gal 振幅での加振を行った。測定点に関しては、図-1 に示す 3 点(緑枠)において 3 成分加速度計で計測した。加振実験の様子を図-2 に示す。

健全状態で起振周波数を変動させた結果、33Hz、

63Hz、84Hz、118Hz で応答加速度の卓越が確認できたため、損傷を模擬した場合でも上記の 4 つの周波数の応答データを計測した。なお、118Hz はトラス橋の鉛直 1 次固有振動数に対応する。

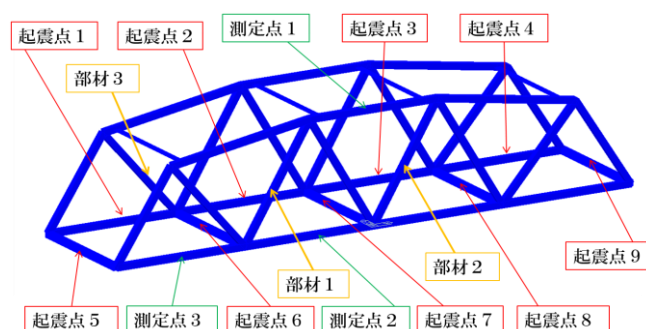


図-1 起振点、測定点、取り外した部材位置

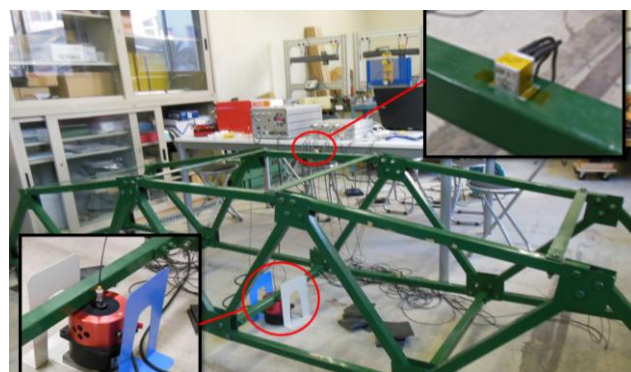


図-2 加振実験

3. 振動特性評価

加振実験で卓越が確認できた、33Hz、63Hz、84Hz、118Hz での応答データを使用して、FFT 解析を行った。起振点 7 において 63Hz で加振した場合のフーリエスペクトル比を図-3 に示す。健全状態でのフーリエスペクトル値で基準化している。

健全状態と損傷を模擬した状態でフーリエスペクトルを比較してみた結果、ほとんどの場合で健全状態と部材 1 無しの場合にフーリエスペクトルは大きく、その他の損傷状態では小さな値となった。また入力した周波数で比較してみると、63Hz で加振した時にフーリエスペクトルの値が大きくなった。

キーワード SOM, トラス橋, 加振実験, FFT 解析, 損傷評価

連絡先 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学 TEL 045-786-7857 E-mail: kitahara@kanto-gakuin.ac.jp

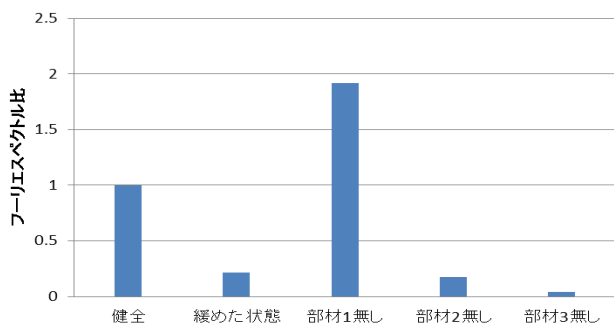


図-3 フーリエスペクトルの比較

4. SOM を用いた健全度診断

本研究では、競合学習型教師無アルゴリズムである SOM を使用した。SOM の最大の特徴はパターン間の関係構造を明らかにできることである。SOM で学習し終わった後には、類似したデータが寄り集まったマップが得られるため、マップを確認することによりパターン間の関係を確認することが可能である。

全データを用いて学習したマップを図-4 に、対称性を考慮し、かつ横つなぎ材での起振データを取り除いた起振点 1,2 のみのデータによるマップを図-5 に示す。

全データを用いた場合、マップ上で損傷部材ごとに分類されており、損傷位置の検出が可能と考えられる。図には示していないが、対称性を考慮し起振点 1,2,5,6,7 のデータで学習した場合、ボルトを緩めた状態と部材 3 無しの一部が重なっており、この二つの損傷を完全には分離できていないことがわかった。

一方、図-5 より、起振点 1,2 のみのデータで学習した結果では、全データと同様、損傷部材ごとにマップが分類されており、損傷位置の検出ができているといえる。したがって、適切な起振位置を設定することで、起振点の数を減らすことが可能であると考えられる。

5. 結論

本研究ではトラス橋模型を対象に加振実験を行い、応答加速度のフーリエスペクトルデータを SOM に入力し、SOM による損傷位置の検討を行なった。得られた結論を下記に記す。

- 1) トラス橋模型を対象に加振実験を行った結果、33Hz, 63Hz, 84Hz, 118Hz で加速度が卓越することが確認できた。118Hz はトラス橋の鉛直 1 次モード固有振動数に対応する。
- 2) 応答加速度から得られたフーリエスペクトルを比較した結果、損傷位置が異なることで同じ振動数

でのフーリエスペクトルの値に変化が現れることを確認した。

- 3) 健全時で基準化したフーリエスペクトル比を入力した SOM により、損傷位置の検出が可能であることを示した。また、適切な選択を行えば入力に用いる起振点の数は減少させることが可能であると考えられる。

今後、学習した SOM を用いて新たに加振データが得られた場合に、正しい損傷位置を認識できることを確認することが課題である。

参考文献

- 1) 吉岡勉, 伊藤信, 山口宏樹, 松本泰向: 鋼トラス橋の斜材振動連成とモード減衰変化を利用した構造健全度評価, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.1, pp.224-232, 2010.

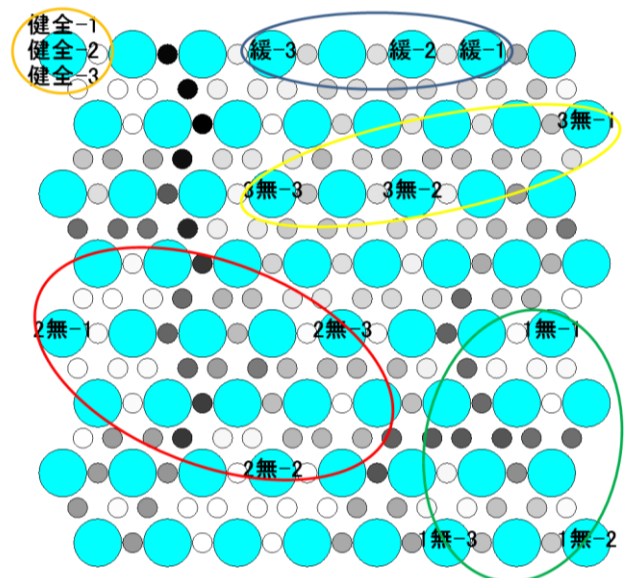


図-4 全データを使用した SOM の結果

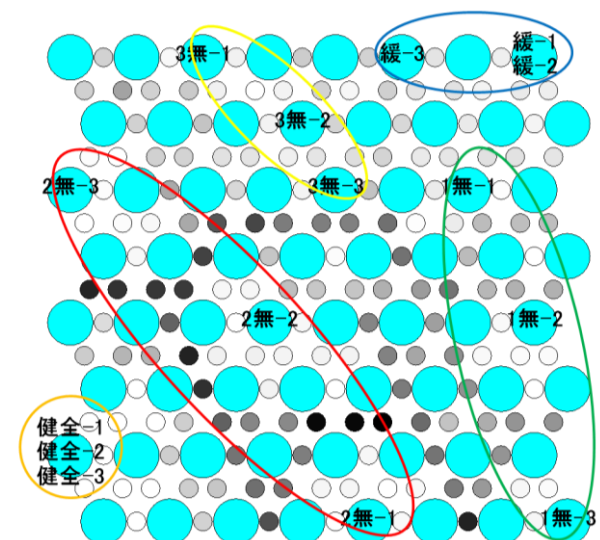


図-5 起振点 1, 2 のデータを使用した SOM の結果