

ニューラルネットワークを用いた大規模下路アーチ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

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

橋梁点検では効率的かつ信頼性の高い点検手法が望まれている。著者らは、既往研究¹⁾では、構成部材数が少ない橋梁模型を対象とし、入力データとして橋梁の振動特性データを用いた、ニューラルネットワークの一種である SOM による損傷同定手法を提案した。本研究では、構成部材数が膨大な大規模橋梁を対象に提案手法を用いた損傷範囲のスクリーニングの可否について検討する。

2. 対象橋梁および解析モデル

対象橋梁はミャンマーに懸架され、2連下路式トラス橋と3連下路式アーチ橋で構成されているヤダナポン橋梁としており、アーチ1径間当たりの支間長が224m、幅員が16mの大規模橋梁である。モデル化範囲は図1に示すように側径間のアーチ1径間としている。図2に示す解析モデルでは、RC床版はシェル要素、アーチ主構、補剛桁、吊り材、横桁、対傾構、横構は梁要素でそれぞれモデル化している。表1に材料特性を示す。使用鋼材はGB規格で規定されているQ345およびQ370でSM490と同等の性能を有している。

3. 入力データの作成

橋梁の振動特性を把握するために起振機を想定した強制外力による動的解析を行い、応答加速度を算出した。ここでは、模擬損傷を与えた損傷モデルと、健全モデルによる応答を比較し、損傷の有無が振動特性に与える影響について検討する。加振位置・計測位置については補剛桁格点部(1/8, 1/4, 1/2, 3/4, 7/8地点)の5箇所とし、橋直方向の応答加速度を算出する。模擬損傷の損傷程度については吊り材の板厚減少による断面欠損を想定し、断面積の減少率を10, 40, 70%に設定する。損傷範囲は図3に示すZone内の吊り材すべてとしている(例えばZone1ではZone1内のすべての吊り材を一律に損傷させている)。荷重は最大振幅200kNで10秒間の正弦波とし、正弦波の周波数は橋直方向に卓越する2次モードの固有振動数である0.678Hz(1cycle 1.47s)とし、加振方向は対応する固有モードを考慮し、橋直方

向とする。

動的解析より得られた応答加速度データをFFT(Fast Fourier Transform)解析し、卓越振動数の加速度応答パワースペクトル値を算出し、健全時に対する損傷時のパワースペクトルのピーク値の比を算出した結果を図4に示す。図4からわかるように第1ピーク(青棒)の場合では吊り材断面が70%欠損しているにもかかわらず、健全時と損傷時の加速度応答パワースペクトルにほとんど差異が見られず、第2ピーク(赤棒)の場合では健全時と損傷時に大きな差異が見られた。

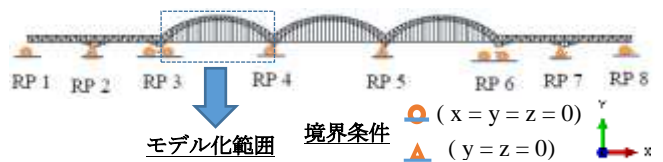


図1 対象橋梁

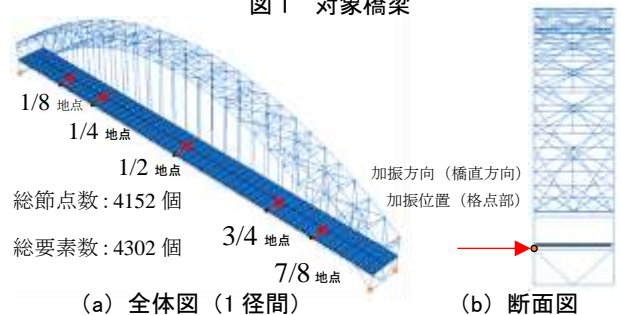


図2 解析モデル

表1 材料特性

部材名	材質	降伏強度 σ_s (N/mm ²)	ヤング係数 E (N/mm ²)	ポアソン比 μ	単位体積重量 γ (kN/m ³)
鋼部材(部材ごとに鋼材の材質が複合している)	Q345	非破壊検査を想定し、脆形解析としているため弾性体としている	200000	0.3	77
	Q370				
RC床版	鉄筋コンクリート		28750	0.163	24.5

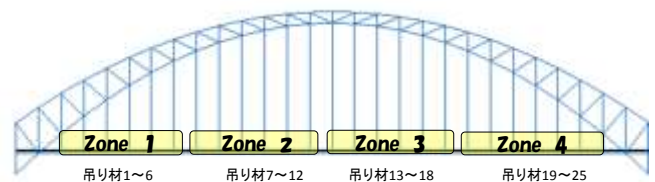


図3 損傷範囲

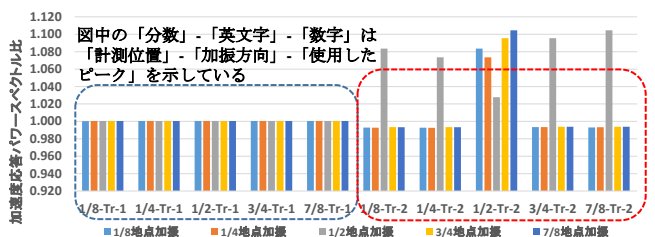


図4 加速度応答パワースペクトル比 (Zone3の吊り材が70%損傷時)

キーワード：ニューラルネットワーク, SOM, アーチ橋, 損傷同定

連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL& FAX 06-6605-2765

SOM への入力データには、橋直方向加振時の第 2 ピークを使用した場合の加速度応答パワースペクトルを用いた。入力データは、データ項目である健全時（健全時を 1000 としている）を基準とした損傷時の応答スペクトル比を並べたものである。

データ項目とは、ある加振位置を加振した際のある計測位置での応答スペクトル比を示す。一例として、1/8 地点を加振位置とした時の計測位置を 1/8, 1/4, 1/2, 3/4, 7/8 地点とした時のデータセットを表 2 に示す。データ名の最初の「数字%」は損傷程度を、その後の「Zone 数字」の数字は吊り材の損傷範囲を表している。本報で損傷同定に用いる学習マップ(図 6)は加振位置を 1/8, 1/2, 7/8 地点、計測位置を 1/8, 1/4, 1/2, 3/4, 7/8 地点とした場合のデータセットを用いて作成している。

4. 損傷同定結果

学習マップへの認識データには図 7 に示すように Zone3 内の吊り材 HG13, HG18 と Zone4 内の吊り材 HG21, HG25 が損傷時のデータを用いて、損傷同定を試みる。認識させる損傷は表 3 に示すように吊り材 4 パターン、損傷程度 10%, 40%, 70% の 3 パターンの計 12 パターンである。認識後の学習マップの一例を図 8 に示す。図 8 は図 6 の学習マップに HG13 が 40% 損傷した時のデータを認識させたものである。図 8 からわかるように認識データである「40% 損傷-HG13」が「10% 損傷-Zone3」の領域にマッピングされ、データの分類が行われていることがわかる。損傷同定の可否については、認識データ「40% 損傷-HG13」が「10% 損傷-Zone3」と認識され、また HG13 が Zone3 内の吊り材であることから、損傷範囲の特定が可能という判定を行っている。以上のように決定した損傷範囲の認識の可否を表 3 に示す。認識可能な場合では「○」としている。計 12 パターンの損傷パターンについて損傷同定を行った結果、10 パターンにおいて、損傷範囲の同定が可能であった。

5. まとめ

本研究では、大規模橋梁を対象に、提案する損傷同定手法の適用を試み、損傷範囲のスクリーニングの可否について検討した。以下に得られた結論を示す。

- 1) 橋直方向加振時の第 2 ピークを使用した場合では、健全時と損傷時の加速度応答パワースペクトルに大きな差異が生じた。
- 2) 吊り材を損傷部材とし、損傷同定手法を大規模橋梁に適用した結果、学習マップを用いて損傷範囲の同定

が行える可能性を明らかにした。

表 2 SOM への学習データセット例 (1/8 地点加振時)

データ名	データ項目(加振位置-計測位置)				
	1/8-1/8	1/8-1/4	1/8-1/2	1/8-3/4	1/8-7/8
健全時	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
10% 損傷-Zone1	997.24	997.07	1016.87	997.56	997.24
10% 損傷-Zone2	999.52	999.66	900.98	999.06	999.27
10% 損傷-Zone3	993.48	993.17	1092.75	993.82	993.47
10% 損傷-Zone4	997.90	997.97	959.77	997.75	997.63
40% 損傷-Zone1	999.43	999.62	969.41	999.55	999.85
40% 損傷-Zone2	998.67	998.84	909.90	998.05	998.31
40% 損傷-Zone3	992.95	992.68	1090.77	993.41	993.13
40% 損傷-Zone4	996.19	996.17	1038.03	995.99	996.13
70% 損傷-Zone1	1003.00	1003.60	904.66	1002.81	1003.82
70% 損傷-Zone2	997.67	997.93	931.58	996.97	997.29
70% 損傷-Zone3	992.95	992.75	1083.50	993.48	993.32
70% 損傷-Zone4	993.57	993.50	1219.40	993.18	994.05

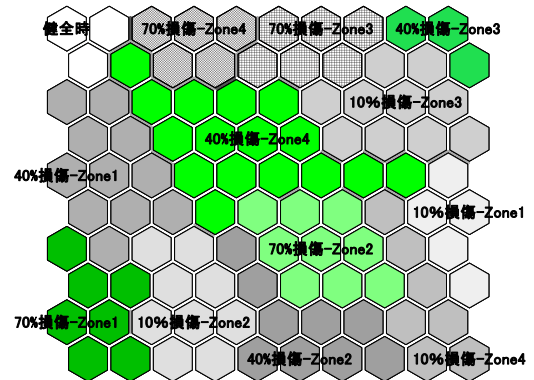


図 6 学習マップ

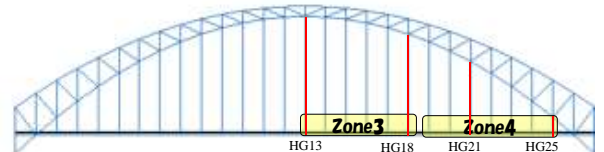


図 7 損傷部材

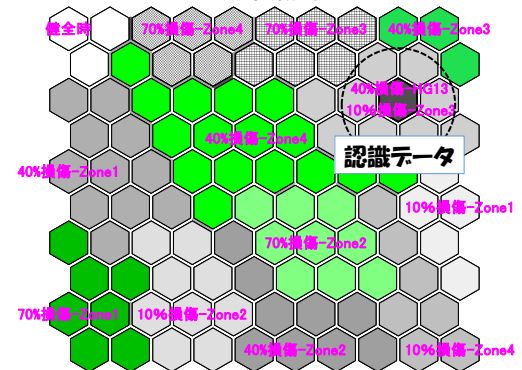


図 8 認識後学習マップ (40% 損傷-HG13 を認識)

表 3 損傷パターンおよび損傷同定結果

Zone	吊り材番号	損傷程度(%)	損傷パターン						認識損傷範囲	認識結果
			1	2	3	4	5	6		
Zone3	HG13	10	●						10% 損傷-Zone4	×
		40		●					10% 損傷-Zone3	○
		70			●				10% 損傷-Zone3	○
	HG18	10				●			10% 損傷-Zone3	○
		40					●		10% 損傷-Zone3	○
		70						●	10% 損傷-Zone3	○
Zone4	HG21	10	●						10% 損傷-Zone4	○
		40		●					10% 損傷-Zone4	○
		70			●				10% 損傷-Zone4	○
	HG25	10				●			10% 損傷-Zone4	○
		40					●		10% 損傷-Zone1	×
		70						●	70% 損傷-Zone4	○

参考文献

- 1) 堂ノ本翔平, 山口隆司, 松村政秀, 北原武嗣: 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, 全国大会第 70 回学術講演会, I-353