

複数箇所の損傷を有するアーチ系橋梁のニューラルネットワークを用いた健全度診断に関する基礎的研究

大阪市立大学大学院 学生員○森若 浩司

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

正会員 北原 武嗣

1. はじめに

わが国では高度経済成長に伴って橋梁数が大幅に増加し、2030年には建設後50年以上を経過したものが約半数を占めると言われ、橋梁の老朽化が危惧される。今後は、増加が予想される劣化橋梁を合理的に維持管理していく必要があり、損傷モニタリングなどを活用した、ブリッジマネジメントシステムの構築が必要である。そこで、著者らは、アーチ系橋梁を対象に、強制外力による動的解析を行い、健全時と損傷時のパワースペクトルのピーク値（以下、応答パワースペクトル比）の変化に着目した、自己組織化特徴マップ(以下SOM: Self-Organizing feature Map)により、損傷が一箇所にかぎる場合（以下、単体損傷）での簡易モニタリング手法を提案した¹⁾。しかしながら、老朽化橋梁の多くでは、損傷は1箇所にとどまらず、複数箇所の損傷（以下、複数損傷）を有しているのが実態である。そこで本報では、前報の研究を発展させ、複数損傷に対する検討を行ったのでその結果を報告する。

2. 強制外力による動的解析

2.1 解析モデル

解析モデルは前報で用いたものと同じとした。詳細は前報（文献1）を参照されたい。

2.2 模擬損傷

対象橋梁の定期点検で確認された鉛直材下端部の腐食損傷²⁾を模擬することとし、鉛直材の下端約200mmに対して、断面の板厚を減じた。板厚減少度は、健全時に対して、25、50、75%の3ケースとした。

ここでは、基礎的検討との位置づけから、複数損傷としては、鉛直材1・3・5・6の内の2つ以上の同時損傷のみを取り扱っている。それぞれの複数損傷パターンと損傷箇所および損傷程度を表-1に示す。黒丸(●)で示している部材が損傷部材および損傷程度である。

2.3 解析手法

加振位置と応答計測位置および、鉛直材番号を図-1

に示す。加振位置は2箇所(A_L , D_L 点)、応答計測位置は4箇所($A_M \sim D_M$ 点)とし、加振位置は幅員中央の支点上(A_L)およびアーチ中央(D_L)、応答計測位置は鉛直材1・3・5・6下端の床版位置とした。加振は、模擬損傷を与える鉛直材に対して影響があると考えられる、図-2に示す鉛直モードに着目し、その固有振動数3.7Hzでの起振機による強制加振を想定した。具体的には、sin波を入力波形とした時刻歴応答解析を行っている。

2.4 解析結果

応答計測位置における変位の解析結果から、変位応答が定常状態となる部分に対してFFT解析を行い、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のピーク値を算出する。次に、この値を健全時と損傷時で比較する。結果の一例として、着目方向ごとの比較を図-3に示す。図より、応答計測位置における橋

表-1 模擬損傷一覧

損傷部材	損傷度	複数箇所の損傷パターン														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
鉛直材1	25%	●														
	50%	●	●	●					●	●	●		●	●	●	
	75%	●	●	●					●	●	●		●	●	●	●
鉛直材2	25%															
	50%	●			●	●			●	●	●	●				
	75%	●			●	●			●	●	●	●				
鉛直材3	25%															
	50%		●		●		●	●		●	●	●				
	75%		●		●		●	●		●	●	●				
鉛直材4	25%															
	50%			●		●	●		●	●	●	●				
	75%			●		●	●		●	●	●	●				

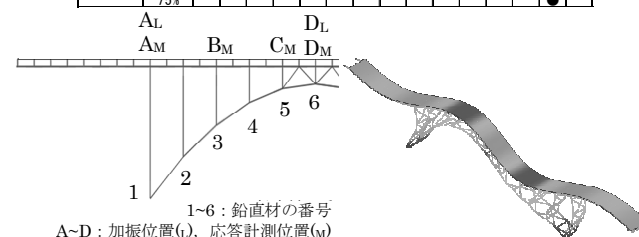


図-1 加振位置および応答計測位置 図-2 鉛直モード

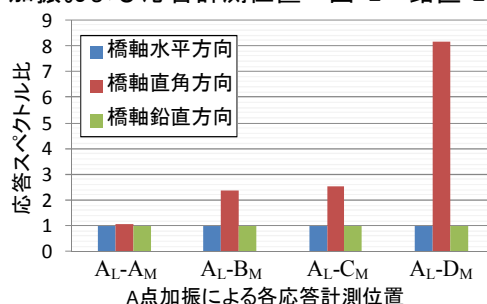


図-3 着目方向の比較_鉛直材1(25%損傷)

キーワード：健全度診断、ニューラルネットワーク、パワースペクトル、SOM

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

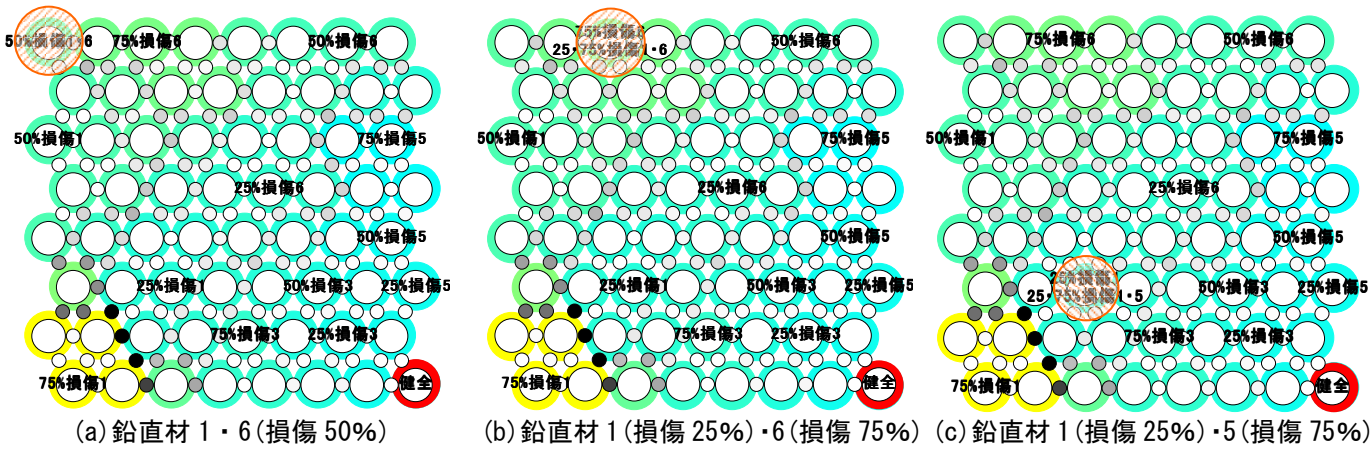


図-4 損傷位置または、損傷度が異なる認識結果 (○) : 認識データ

軸直角方向の応答パワースペクトル比が他の着目方向より最大で 8 倍程度の変化が見られた。

3. ニューラルネットワークを使用した健全度診断

3.1 SOM への入力データ

健全度評価に関する SOM 作成に用いる入力データとして応答パワースペクトル比を用いる。本研究では、実計測における橋梁の健全度診断を考慮し、少ない応答計測位置、加振位置で簡易に診断を行うことが重要であると考え、使用データは単体損傷の健全度診断手法と同じ、1 箇所損傷のみとし、 A_L 、 D_L 点加振による応答計測位置 $A_M \sim D_M$ 点のものとした。表-2 に入力データを示す。これより、損傷による応答パワースペクトル比は、鉛直材 1 が大きく、また鉛直材 6 でも大きな変化が確認できた。

3.2 結果と考察

鉛直材 1・6 の両者が 50% 損傷した場合を認識させた結果を図-4 (a) に、鉛直材 1 が 25% 損傷、鉛直材 6 または鉛直材 5 が 75% 損傷した場合を認識させた結果を図-4 (b), (c) にそれぞれ示す。図-5 (a), (b) は、鉛直材 1 を 25% 損傷、鉛直材 6 または鉛直材 5 が 75% 損傷した時の応答パワースペクトル比の比較を示す。

図-4 (a) より、同程度の損傷が与えられた、複数損傷では、単体損傷における応答パワースペクトル比が大きい鉛直材に近似する傾向が見られた。この傾向は、2 つ以上の部材に対する他の複数損傷のパターンにおいても同様であった。

図-4 (b) に示す、損傷度の異なる場合では、損傷度の大きい鉛直材に認識され、応答パワースペクトル比に大きさに影響されなかった。しかし、図-4 (c) に示す認識では損傷度の低い部材に近似されており、各々の損傷部材に対する応答パワースペクトル比の差にも

関係があると考えられる。

表-2 入力データ

データ名	データ項目							
	A_L-A_M	A_L-B_M	A_L-C_M	A_L-D_M	D_L-A_M	D_L-B_M	D_L-C_M	D_L-D_M
健全	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
25%損傷1	1.056	2.371	2.547	8.147	0.716	0.916	1.230	1.016
50%損傷1	1.165	5.099	7.104	22.131	0.168	0.755	1.692	1.048
75%損傷1	1.474	12.838	20.324	61.731	1.387	0.304	3.016	1.136
25%損傷3	1.000	1.002	0.999	0.973	0.999	1.005	1.003	1.003
50%損傷3	1.000	1.007	0.995	0.918	0.995	1.014	1.013	1.008
75%損傷3	1.000	1.022	0.994	0.758	0.991	1.041	1.059	1.027
25%損傷5	1.000	1.015	0.967	1.033	0.995	1.010	0.963	0.999
50%損傷5	1.000	1.042	0.907	1.104	0.986	1.029	0.897	0.995
75%損傷5	1.000	1.118	0.752	1.347	0.967	1.073	0.737	0.989
25%損傷6	1.051	2.283	2.173	6.847	0.710	0.880	1.349	1.024
50%損傷6	1.051	2.472	2.153	6.761	0.699	0.810	1.594	1.041
75%損傷6	1.051	2.985	2.291	6.531	0.671	0.624	2.283	1.084

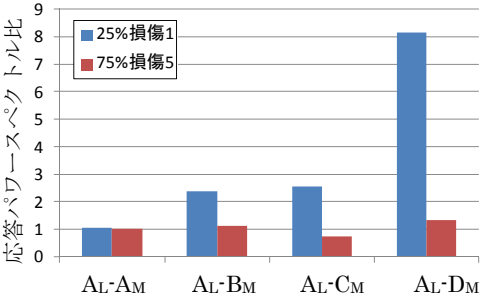
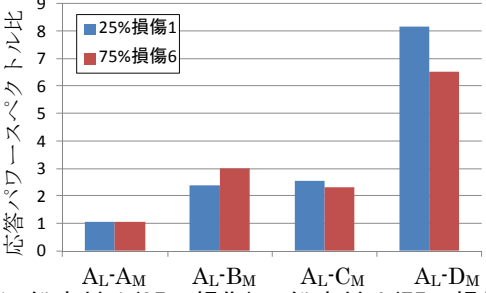


図-5 各鉛直材の応答パワースペクトル比の比較

参考文献

1) 池田祥宜, 山口隆司, 北原武嗣, 松村政秀: 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, 土木学会全国大会第 67 回年次学術講演会, 2012.9

2) 独立行政法人土木研究所: 長期供用利用された補修履歴を有する鋼上路アーチ橋の現地載荷試験, ISSN 0386-5878, 土木研究資料, 第 4207 号, 2012.10