

橋梁振動のスペクトル形状を考慮した健全度評価に関する基礎的考察

(株)コサカ技研 正会員 鈴木拓也
(株)コサカ技研 正会員 鳩祐行
八戸工業大学 正会員 長谷川明

1. 研究背景

橋梁の維持管理に関する課題の一つに点検作業の効率化がある。これまで橋梁振動実験から得た振動スペクトルの固有1次振動数を用いて、振動数の経年変化および橋梁点検調書との関係を調査し、振動数から橋梁健全度を簡易的に評価する研究を進めてきた。その結果、以下のような知見を得た。

- 固有振動数 f と支間長 L は、反比例の相関にあり、固有振動数 f と支間長 L の積は、一定値となる。これまでの調査によると、その積は、健全な鋼橋で約 104 である。
- 固有振動数が、この $f \times L$ 値から大きく外れている橋梁は、劣化している可能性がある。

しかし、橋梁の劣化には、コンクリートや鋼材の劣化に伴う断面欠損によって断面剛性が低下し振動数が低くなる材料劣化と、支承付近の材料劣化に伴う支点条件の変化によって振動数が高くなる構造劣化がある。このため、材料劣化と構造劣化が同時に進行している場合、振動数のみでは、橋梁健全度を評価することが困難であることが課題となっている。

そこで本研究では、新たな観点で振動スペクトルを評価し、新しい劣化診断手法の情報を得ることを目的に、スペクトル形状の違い（広がり）について着目した。本論文においては、その評価方法の確認および基礎的な考察について報告する。

2. 振動スペクトル形状と劣化

振動実験から得たスペクトル図を考察すると、図-1 に示した a 橋のようにシャープ性を有するものと、b 橋のように分散・広がりを有するスペクトル形状がある事が判明した。実例として今年度行った振動実験結果の中から、轟木橋、第2轟木橋のスペクトルを図-2、3 にそれぞれ示す。これらの違いは、構造形式、橋齢、劣化状況など数多くの要因が考えられる。これまで評価してきた1次振動数の経年変化と併せてスペクトル全体を考察することで、新しい指標となる可能性がある。

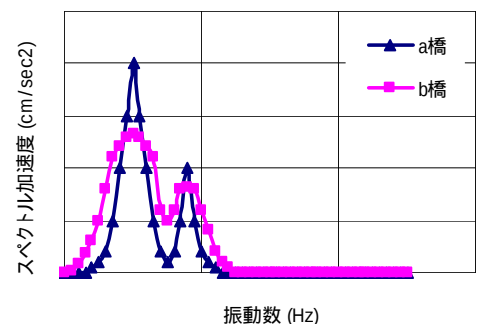


図-1 スペクトルの分散モード図

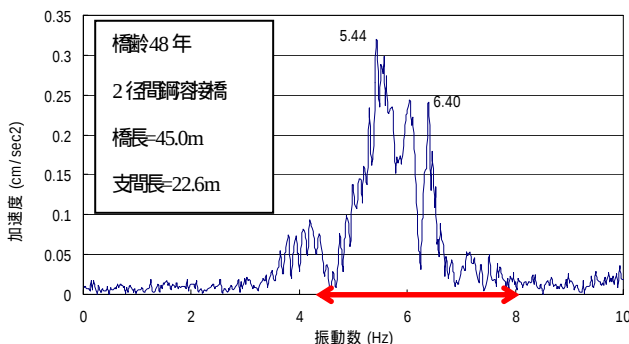


図-2 轟木橋スペクトル図

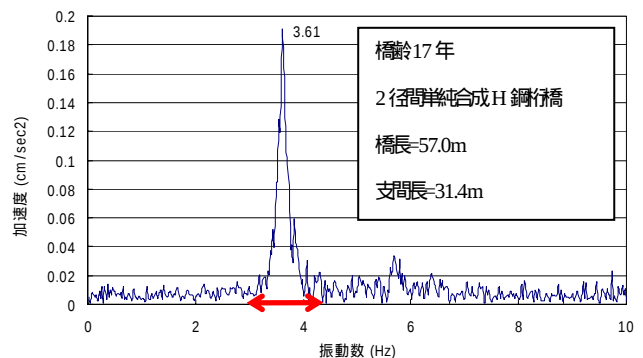


図-3 第2轟木橋スペクトル図

キーワード：振動実験、スペクトル、固有振動数、劣化、健全度、診断

連絡先 〒039-1103 青森県八戸市大字長苗代字上碓田 56 番地 2 TEL:0178-27-3444

3. スペクトル形状を考慮した新しい評価方法の検討

3.1 評価方法の検討

スペクトルの拡がり、分散に関して一般的な統計処理手法である標準偏差とある振動数範囲におけるスペクトル加速度の合計 ($\sum A_i$) 以上の 2 つで評価を行った。スペクトルの横軸 (振動数) の範囲設定は、1 次振動数を対象とすること、2 次振動数は単純桁で 1 次振動数の 4 倍であることを考慮し、1 次振動数の 2 倍までの範囲で計算を行った。また、実験では実荷重による振動加速度を用いており絶対値が異なるため、スペクトルを Peak 値で除す規準化を行って荷重の大きさによる違いを補正した。

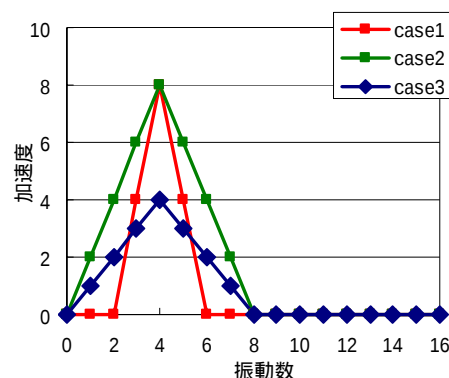


図-4 スペクトル模擬図

3.2 模擬スペクトル図での評価方法の確認

実橋でのデータ解析の前に、簡単な図形を作成し評価手法の妥当性の確認を行った。図-4 に示したように、三角形を作成し模擬スペクトル図とした。それぞれの標準偏差および $\sum A_i$ を表-1 に示す。計算結果から、以下のような考察を得た。

表-1 模擬図の計算結果

	case1	case2	case3
加速度合計 ($\sum A_i$)	16	32	16
peak / $\sum a_i$	0.5	0.25	0.25
peak / 標準偏差 σ	3.67	3.07	3.07

- 1) Case1 は、最もシャープ性を有する形であり、計算手法、とも Case2、3 と比較して大きくなった。
- 2) Case2 と 3 は、荷重の大きさにより Peak は異なるものの、拡がりに関しては同じである。
- 3) 2 つの手法、どちらも同じ傾向を示した。

以上のことから、どちらの計算結果を用いても同様の結果を示しており、今回は 2 つの方法で計算を行うこととした。

3.3 橋梁健全度および橋齢とスペクトル形状の関係

本年度の実験結果を計算に用い、橋梁点検結果からの健全度および橋齢との関係を調査した。図-5 に平均健全度と $\sum A_i$ 、図-6 に橋齢との関係を示す。図-5 から橋梁の健全度が高くなるとスペクトルにシャープ性が出てくる傾向にあることが判明した。一方、橋齢との関係については、ばらつきが多く一定の傾向を見出すことは困難であった。標準偏差の場合も同様の結果となった。

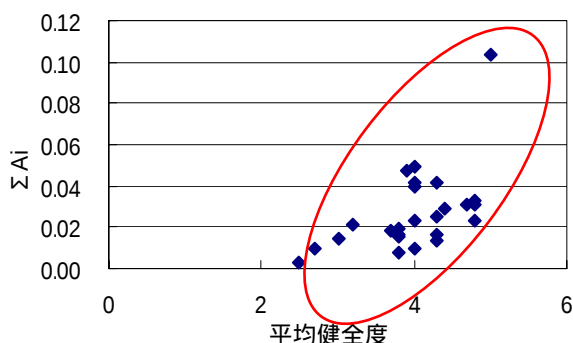


図-5 $\sum A_i$ 値と平均健全度の関係

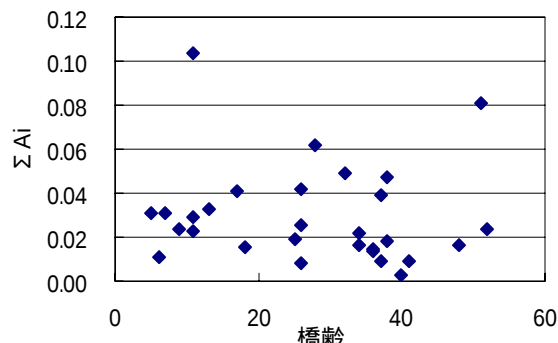


図-6 $\sum A_i$ 値と橋齢の関係

4. まとめ

本論文は、振動実験結果から得るスペクトル形状に着目し、スペクトルの拡がり指標とする新しい評価手法について基礎的な計算を行ったものである。現時点では、データが少ないことから不十分な指標といえる。今後、他のパラメータでの計算、データ数の増加、併せて最適な計算手法を検討し、振動計測による橋梁健全度評価の一手法の確立を目指す。