

1. はじめに

日本の橋の多くは耐久年数が 50 年ほどに設計されているが、今後 10 年以内に築 50 年を超える橋は 1 万 5000 ヶ所以上になる。つまり老朽化が大きな問題となっており、このままでは、橋梁の事故が頻発する恐れがある。現在橋梁の点検は目視点検・打音検査など人的な方法をとっており、橋梁すべてを点検・補修するには膨大な時間とコストがかかる。この問題を解決するために人手をかけない診断技術が必要とされている。上述の問題に対して振動解析による監視システムを用いることが考えられ、様々な研究も報告されている。本研究では、その一手法として、複数の振動モードの固有振動数変化と振動解析を用いて、欠陥が生じた箇所と程度を推定する方法を検討する。

2. 提案する橋梁の健全性監視システムの基本概念

橋梁には複数の固有振動数が存在するが、老朽化などにより何らかの欠陥が生ずれば、その部分の剛性が低下し、各固有振動数も低下する⁽¹⁾。老朽化した橋梁の事故を未然に防ぐために、健全な状態の橋梁と老朽化した橋梁の複数のモードの固有振動数を比較し、固有振動数の違いから異常部分を発見することを考える。欠陥部分の各振動モードの振動数、振動モードへの影響はモードによって異なることを利用して欠陥の箇所や程度を推定する。

3. 亀裂の位置による固有振動数の変化率の比較

正常な梁に対して、欠陥が入っている梁の固有振動数の変化率を各欠陥の位置で比較する。比較の方法としては有限要素法解析ソフト「ANSYS」を用いて解析を行った。解析モデルは幅 30 mm、厚さ 3 mm、長さ 1000 mm のアルミ平板を用いる。固定方法は両端単純支持梁とする。今回は欠陥として幅 30 mm、厚さ 1.5 mm、長さ 10 mm の切れ目を平板に入れる。欠陥の位置を図 1 に示す。材料定数はヤング率が 7.03×10^{10} [Pa]、ポアソン比が 0.345、密度が 2700 [kg/m³] とする。

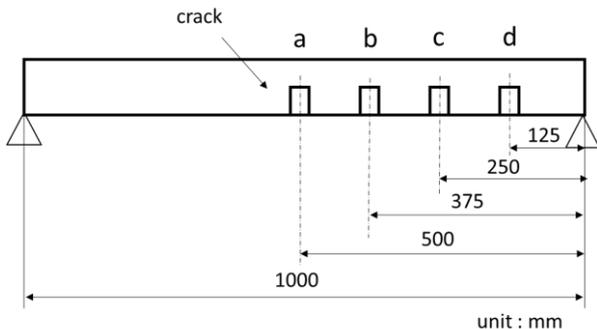


図 1 亀裂の位置

欠陥がない状態の梁を解析し固有振動数を調べ、その後、亀裂が a, b, c, d それぞれの地点に 1 つだけある状態での 5 パターンの固有振動数を調べる。その後、亀裂なしの状態に対して、各亀裂の固有振動数の変化率を計算したものが表 1 となる。

表 1 亀裂の位置による各振動モードの固有振動数の変化率

	a	b	c	d
mode1 (%)	-5.2666	-4.4548	-1.9238	-0.36693
mode2 (%)	0.7102	-2.1803	-3.8347	-1.2234
mode3 (%)	-4.5074	-0.46286	-1.7965	-2.0038
mode4 (%)	0.71475	-4.2614	0.21154	-2.2063

表 1 を見ると、橋梁に欠陥が発生すれば全てのモードにおいて固有振動数は変化する。また、欠陥の各モードに対する影響が異なっていることがわかる。特に、各モードの曲率が大きい部分、すなわち図 4 のように歪が大きい部分に亀裂が近いほど、より固有振動数が低下しているという傾向が見られる。また、逆に各モードの曲率が小さい部分、つまり歪が小さい部分に欠陥が近い場合は、あまり固有振動数は変化していないということが確認できる。

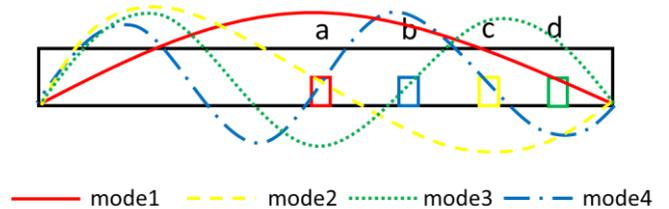


図 2 それぞれの亀裂が影響を与える振動モード

したがって、欠陥が発生する可能性がある位置の数が多くなければ、各モードの固有振動数をモニターしておき、その変化を計測し、それと橋梁に関する数学モデルを作成し、各欠陥の各モードに対する影響を事前に計測しておけば、逆問題として欠陥の位置および進み具合を推定できる可能性があることがわかった。

今後は、欠陥の大きさも変化させた計算を行い、各欠陥が各モードに与える影響を事前に推定しておき、最小二乗法などを用いて、欠陥の位置と程度を推定する方法へと発展させる予定である。数値実験を行ったのち、モデル構造を試作して欠陥を与えた実験を行い、欠陥の箇所と程度を推定する実験により提案する手法の妥当性の検討を行う計画である。

4. おわりに

橋梁の点検・検査を人的な方法を必要とせず効率的に監視するために、固有振動数の低下率から欠陥の位置や大きさを推定することを目的として、橋梁に欠陥がある位置によって、それぞれの振動モードの固有振動数に与える影響を明らかにし、欠陥の位置を推定できる可能性があることを確認した。その結果、計測と解析を組み合わせた橋梁の健全性監視システム構築の見通しが得られた。

文献

(1) 岩壺卓三ほか 9 名, “振動工学の基礎”, pp. 116-121