

ニューラルネットワークによる I 型鋼の損傷同定

愛媛大学環境建設工学科 学生会員 ○熊岡 幸司
 愛媛大学 正会員 大賀 水田生
 愛媛大学 正会員 全 邦釘

1. 序論

現在、我が国の橋梁の多くは、高度経済成長期から 1980 年代にかけて建設されてきた。近年、それらの橋梁の供用期間が耐用年数の目安である 50 年を越えようとしている。そこで、これらの橋梁を使い続けるために点検や維持管理の必要性がとなえられてきている。そのため、既存橋梁の損傷・劣化状況の定量的な評価や客観的に判断を行う点検手法を確立することが望ましい。

本研究では、I 型アルミニウム材の健全な状態や損傷を与えた状態の解析モデルを作成して有限要素解析を行い、加速度応答を取得する。その後、解析モデルより取得した加速度応答を用いて機械学習を行い、損傷箇所推定のアルゴリズムを作成する。このアルゴリズムによって損傷箇所を推定できるのかを様々な特徴量から交差検証を用いて精度検証し、損傷箇所推定方法を確立することを目的とした。

2. モデル概要

I 型の鋼材は一般には、プレートガーダー橋などの桁として多く用いられている。桁には主桁と横桁が存在し、そのどちらも橋梁の重要な箇所であるためそれらに用いられている I 型鋼の重要度は高い。そういったことを鑑み、本研究では I 型アルミニウムを使用し、その損傷箇所を検出する手法を提案する。使用した I 型アルミニウム材の寸法を表 1 に、概要を図 1 に示す。ここで、鋼材でなくアルミニウムを用いた理由は、アルミニウムは鋼材に比べ質量が軽いため扱いやすいからである。また、ヤング率が単位体積重量に比べ低いと固有振動数が検出しやすい。その上、アルミニウムで機械学習による損傷箇所推定が可能であれば鋼材でも材料特性が定数倍となるだけなので可能であると考えられる。

表 1 I 型アルミニウム材の寸法

材料長	2000(mm)
材料高	150(mm)
幅	125(mm)
厚み	10(mm)
密度	$2.7 \times 10^{-6}(\text{kg/mm}^3)$
ヤング率	70(GPa)
ポアゾン比	0.34



図 1 I 型アルミニウムモデル

モデル作成及び解析には構造解析及び振動解析を行うために用いられる商用有限要素解析ソフトウェア Abaqus/Explicit を使用する。解析によって検出した加速度応答の例を図 2 に、加速度応答の振幅スペクトルの例を図 3 に示す。作成した I 型アルミニウムモデルの全体像を図 4 に示す。要素は解析時間の短縮、更にモデルに損傷を導入することを目的として 3 次元 4 節点低減積分シェル要素(S4R)を採用した。節点数は 8643、要素数は 8000 である。また、加速度を取得する箇所として等間隔に 100mm ごとに 19 ヶ所設定した。

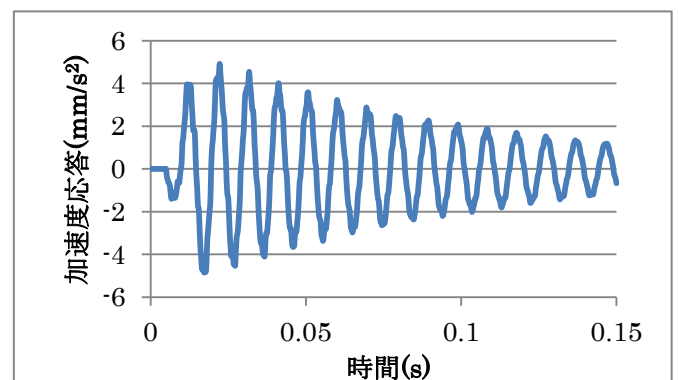


図 2 加速度応答の例

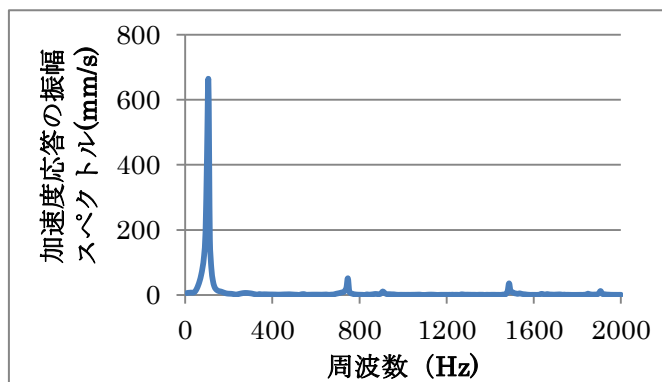


図3 加速度応答の振幅スペクトルの例



図4 I型アルミニウムモデルの全体像

I型アルミニウムモデルの下フランジ部分に切れ込み損傷を与えることにした。次に、損傷を与える数は、実橋梁においても損傷が1箇所だけとは限らず、同時に存在する場合も考えられる。本研究ではI型モデルの健全である場合及び損傷がある場合を作成した。9箇所の全てにおいて損傷を与えた例を図5に示す。以下では、このような損傷の検出について述べる。



図5 損傷のモデル例

3. 加速度応答を用いた損傷箇所推定

作成したモデルの各箇所での損傷の有無を考えると、そのパターン数は2の階乗で表わされる。よって、損傷モデル数は2の9乗より512個となり、それらを作成する。これを解析することで加速度応答を取得する。

本研究では、損傷箇所推定に機械学習を用いた。ここでは、機械学習における教師データの入力データと出力データとの対応関係について述べる。本研究では入力データとして加速度応答の最大値及び加速度応答の振幅スペクトルの最大値を用いる。これに対応した出力データは各箇所での損傷の有無とな

る。以上の教師データを用いてニューラルネットワークを学習する。こうして学習したニューラルネットワークに新たな出力が未知の入力データを与えることで、損傷の位置を示す出力データを得ることができる。このような方法で損傷箇所を推定する。

次に、様々な特徴量を用いて損傷箇所の推定を行い、その結果を交差検証法を用いることでそれらの精度を検証する。その結果は図6のように示す。図6の⑨は、各載荷位置での加速度応答と加速度応答の振幅スペクトルの最大値を用いた場合の精度であり、良好な結果が得られている。

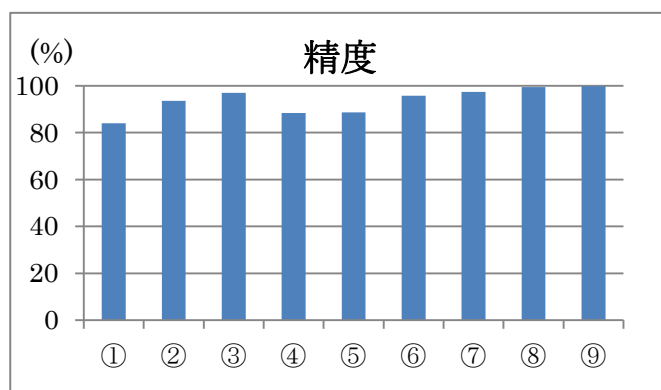


図6 精度結果

4. 結論

以下に本研究で得られた成果を示す。

- 1) I型アルミニウムモデルに切れ込みを与えたモデルを作成し、有限要素解析を行い取得した加速度応答とモデルの損傷箇所データをニューラルネットワークに学習させることで、損傷箇所推定が可能な手法を確立した。
- 2) 各載荷位置での加速度応答の最大値と加速度応答の振幅スペクトルをニューラルネットワークの特徴量として用いることで、本研究のような損傷モデルには、損傷箇所推定において99.9%という十分な精度が得られた。

参考文献

- 1) 後藤正幸, 小林学: 入門 パターン認識と機械学習, コロナ社, 2014.
- 2) 吉富康成: ニューラルネットワーク, 朝倉書店, 2002.