

自己回帰モデルを用いた橋梁診断技術

早稲田大学大学院 学生会員 ◎藤岡 祐二, 犬島 浩, 大貝 晴俊
株式会社福山コンサルタント 丸山 泉, 計測検査株式会社 永田 伸二

1. はじめに

現在, 社会の成熟に伴い, これまでに建設された施設の老朽化の時代を迎えている. 社会資本を維持していく上で設備診断技術は重要視されている^[1]. このような背景の中, 振動を応用した診断法の実用化が課題となっている. 本研究では, 橋梁の振動データより自己回帰分析を行うことで, 橋梁の健全度を診断する技術を開発することを目的としている.

2. 自己回帰モデル

自己回帰モデルは, 一般的な確率統計モデルであるため応用される分野に制限がない. 現在, 発電所の制御や経済の変動要因の解析など様々な分野で応用されている. ここでは, 自己回帰モデルについて説明する. サンプル間隔 T_s の時系列信号のある時点 nT_s の観測値を $x(n)$ とする. ここで, $x(n)$ が n よりも m サンプル($m = 1, 2, \dots, M$)だけ以前での観測値の重みつき線形結合によって予測されるものとして, この予測値を $\hat{x}(n)$ とし, 各重み, すなわち各観測値 $x(n-m)$ に対する係数を a_m とする. また, 観測値 $x(n)$ に対する予測値 $\hat{x}(n)$ の予測誤差(残差列)を $e(n)$ として, 次式のように関連づける.

$$x(n) = \hat{x}(n) + e(n)$$

ここで, $\hat{x}(n)$ は過去の観測値に重みを掛けたものの線形和より,

$$\hat{x}(n) = \sum_{m=1}^M a_m x(n-m)$$

したがって,

$$x(n) = \sum_{m=1}^M a_m x(n-m) + e(n)$$

と表せる. この上式の形式で, 信号の観測値が生成されるものとするモデルを自己回帰モデル(Autoregressive Model, 以下 AR モデル)という. すなわち, 信号 $x(n)$ はこのようなモデルにより作られるシス

テムの出力として与えられ, かつ過去 M サンプルまでの出力 $x(n-m)$ の線形結合から予測できるものとする. この場合の M は予測の次数であり, 一般には未知であるが, 赤池情報量基準 (Akaike's information criterion, AIC)により求められる^{[2][3]}.

3. 実験方法

本研究では, 健全な橋梁の振動データより AR モデルを作成し, 無傷時のデータ及び有傷時のデータに作成したモデルを適用し, それぞれの残差列を比較することで橋梁の健全度を診断する. (図 1 参照)

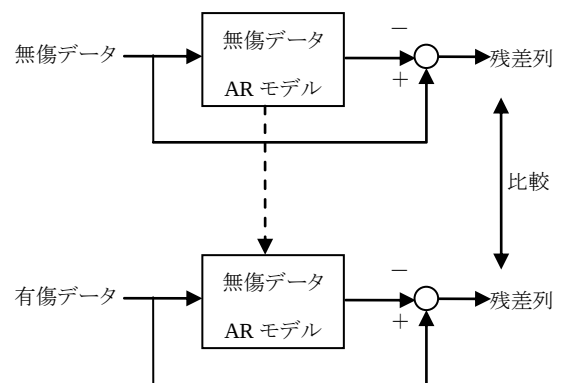
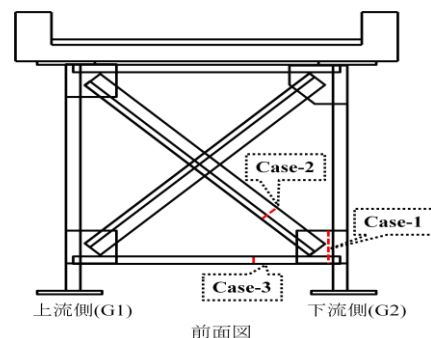


図 1 実験方法

今回用いた橋梁の振動データは無傷試験及び主桁ガセット切断試験による振動データである. 主桁ガセット切断試験は, Case-1 から Case-6 の 6 種類あり, Case-1:主桁ガセット切断, Case-2:斜材切断, Case-3:水平材切断, Case-4 から Case-6:水平ガセット切断である. (図 2 参照)



キーワード: 橋梁診断, 信号解析, 自己回帰モデル(AR モデル)

連絡先: 福岡県北九州市若松区ひびきの 2-7 早稲田大学大学院 情報生産システム研究科 Tel:093-692-5021

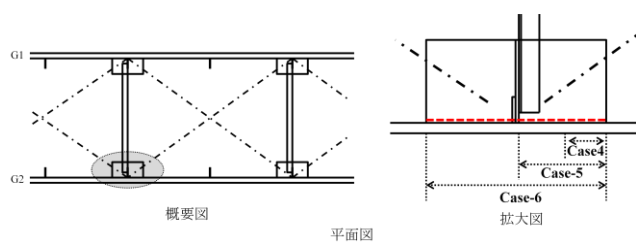


図2 実験概要図

4. 解析結果

本提案手法を用いて解析した結果を図3に示す。残差列を比較すると、若干ではあるが、各有傷データの残差列は無傷データの残差列より残差が大きくなっていることがわかる。特に、Case-1及びCase-2の有傷データを用いた時の残差が大きく現われた。

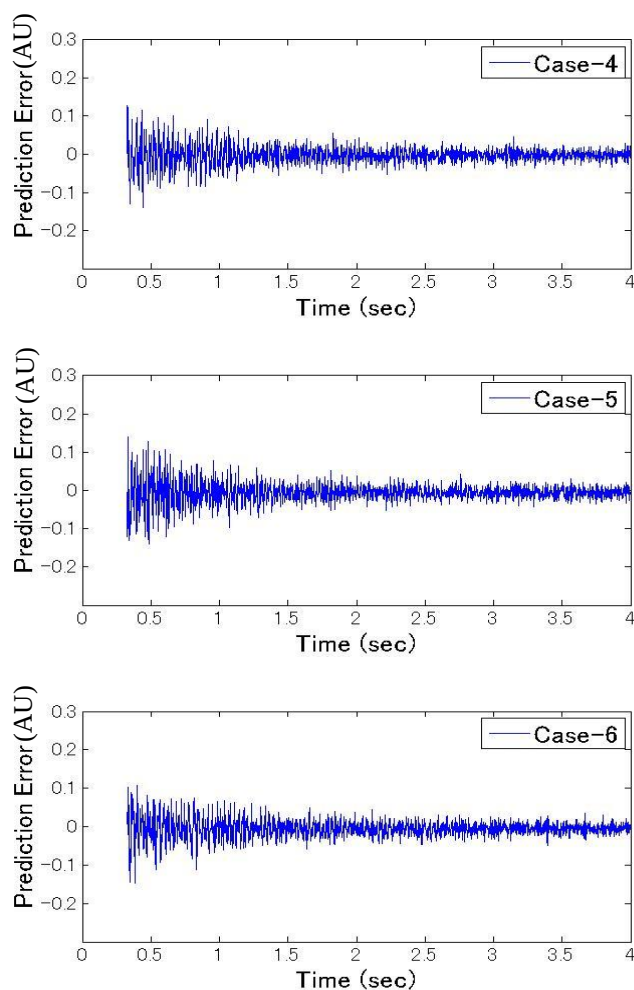
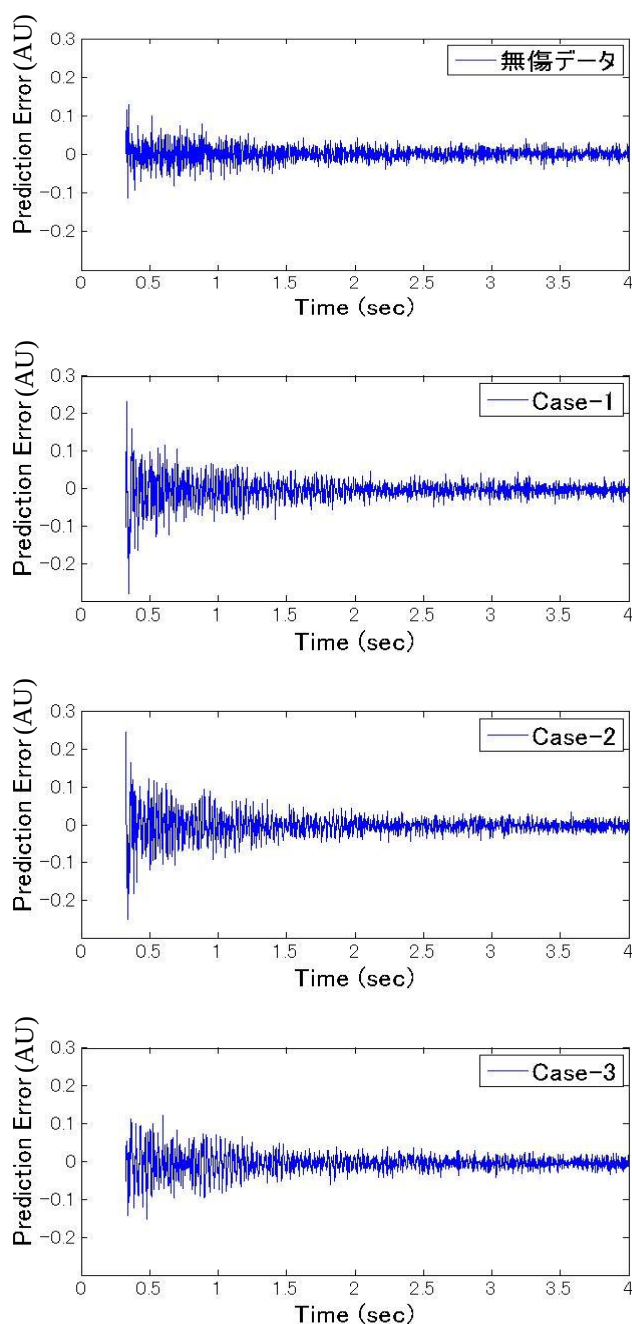


図3 残差列

5. 考察

今回、AR モデルを用いた橋梁の診断手法を提案したが、残差列の違いにより橋梁の診断が可能であるといえる。また、今回は橋梁の損傷の一例として、主桁ガセット切断における解析を行ったが、今後は様々な損傷を想定し、解析を行わなければならない。更に、残差列から損傷や程度を特定する指標を確立していくことである。

文献

- [1]豊福俊泰, 尼崎省二, 中村一平「入門 維持管理工学」, 森北出版, 2009.
- [2]越川常治「信号解析入門」, 近江科学社, 2006.
- [3]赤池弘次, 甘利俊一, 北川源四郎, 樺島祥介, 下平英寿「赤池情報量基準 AIC」, 共立出版, 2008.