

車両通過音を活用した道路橋伸縮装置の損傷検知に関する研究

京都大学工学研究科 学生員 ○ 福田翔平 正会員 大島義信 服部洋 河野広隆 石川敏之 服部篤史

1. はじめに

都市高速道路における道路橋伸縮装置の損傷は、日常点検で走行する点検車が伸縮装置を通過する際に、通過音の異音を技術者が識別することで判断している。今後、技術者不足による維持管理水準の低下を払拭するために、人間の感覚により行われていた損傷検知をシステム化する研究が進められている。服部らは、健全時と異常時の通過音特性の違いをカオス時系列予測などで識別する方法を提案し、その可能性を示した。¹⁾



写真1 伸縮装置の損傷例（ボルト緩み）

しかし既往の研究では、収録の条件等に関する検討が不足している。よって本研究では、異常音を識別する手法として、周波数解析およびカオス時系列解析による方法に着目し、測定条件等が推定精度などに与える影響について検討を行った。

2. 解析方法

2.1 各解析手法

周波数解析を用いる方法では、健全時と異常時との差異が現れる500~650Hzの周波数帯に着目し（図1）、その帯域のパワーのみ抽出できるPOA(Partial Over All)値を用いる。ここでは、POA値が大きくなった場合、異常と判断する。カオス時系列解析^{1,2)}においては、点検により健全と診断された伸縮装置の通過音を教師データとし、対象データに対しての予測波形を求め、実際の波形との誤差である予測誤差を求める。ここでは、予測誤差が大きくなった場合、異常と判断する。ただし、これらの値の大小を比較する指標として、データの偏差と最大値との比に着目し、その値がある閾値を超えた場合損傷と判断する。

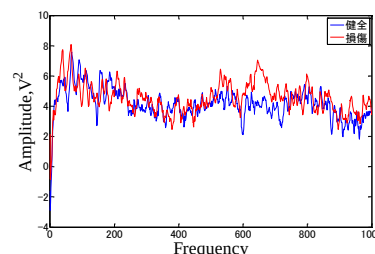


図1 周波数帯におけるスペクトルの違い

2.2 対象データ

対象とした伸縮装置の種類は主にゴムジョイントで、総数16個（損傷6個、健全10個）である。これに対して、複数回の走行計測を行い、それぞれ損傷39個および健全49個を対象とした。収録は車外に取り付けたマイクにより行い、伸縮装置通過の瞬間を中心としたそれぞれ1秒間の収録データを用いた。

2.3 検討項目

検討項目として、サンプリングレートおよび窓の幅の適正を検討した。サンプリングレートは51200Hz、1/5の10240Hz、1/10の5120Hzについて検討した。また、窓の幅に関して、POAはFFT解析をするときの窓の幅の大きさ、予測誤差は得られた予測誤差の値における移動平均の幅の大きさについてそれぞれ10msから60msについて検討を行った。

3. 解析結果

各手法の評価の方法として検出率と誤検出率の関係について着目した。ここで、検出率とは、損傷のある伸縮装置を損傷と判断する割合を表わし、誤検出率とは、健全な伸縮装置を損傷と判断する割合を表す。閾値の設定によりこれらの関係が変化するため、その傾向を検討した。誤検出率の値よりも検出率の値が大きい程、検出性能は良く、逆に、誤検出率の値が検出率の値を上回ると検出性能は悪いといえる。

キーワード 周波数解析, カオス時系列解析, 損傷検知, 伸縮装置

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂CクラスターC1棟 構造物マネジメント工学講座 TEL 075-383-3321

POA および予測誤差におけるサンプリングレートの影響をそれぞれ図2および図3に示す。ただし、これらの図は、縦軸が誤検出率、横軸が検出率を表している。これらの図より POA については検出率と誤検出率の関係にサンプリングの違いによる影響はあまりみられない。予測誤差については検出率の低い部分ではあまり違いがみられなかったが、検出率の高い部分では違いがみられた。以上より、POA に関してはサンプリングレートによる影響はほとんどみられなかったが、予測誤差についてはサンプリングレートによる検出性能への影響が考えられる。

POA および予測誤差における窓の幅の影響を図4および図5に示す。図は全て、縦軸が誤検出率、横軸が検出率を表している。図より、POA については、窓の幅が大きくなるほど徐々にではあるが、検出性能が低くなっている。予測誤差については、移動平均を行わない場合は明らかに移動平均した場合に比べて検出性能が劣っていた。また予測誤差についても、窓の幅が大きくなると全体的に検出性能が悪くなっている。検出率 70%を基本とすれば、POA については 10msec 程度の窓、予測誤差については 10msec 程度の平滑化窓が適切であるといえる。

検出性能について、検出率を 100%とするとほとんどの場合で誤検出率も 100%となった。しかし検出率を 70%まで下げると多くの場合で誤検出率の低減がみられた。図6に検出率 70%での誤検出率が最も低くなる POA および予測誤差の組み合わせにおける、検出率と誤検出率の関係を示す。これより、POA および予測誤差において検出率 70%のとき誤検出が 25%程度となることがわかった。

4. 結論

本研究では、各手法においてサンプリングレートおよび窓の幅について検討を行ったが、両者による影響はさほどみられなかった。検出性能では、検出率を点検員の正解率に近い 70%まで下げれば誤検出率は 25%程度まで下げることができた。今後は検出性能の改善に関する検討として POA 値では別の周波数帯についての検討を行い、また両者について指標に関する検討を行っていく必要がある。

参考文献

- 1)服部洋 大島義信 塚本成昭：車両通過音を活用した道路橋伸縮装置の異常検知に関する基礎的研究，2011
- 2)佐藤 忠信，田中 庸平：構造物のカオス応答アトラクタを用いた損傷検出法の開発，土木学会論文集 A, Vol. 62, No. 4 pp.915-924, 2006

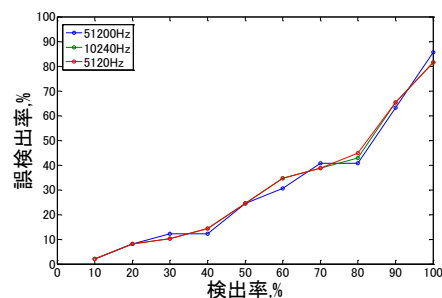


図2 サンプリングレートの違い (POA)

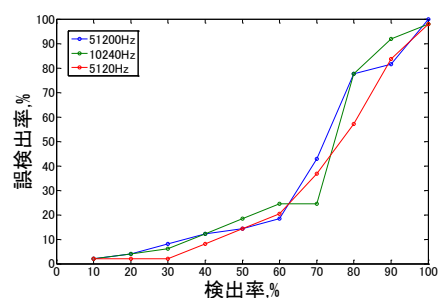


図3 サンプリングレートの違い (予測誤差)

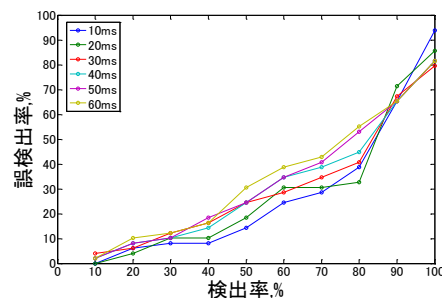


図4 窓の幅の影響 (POA)

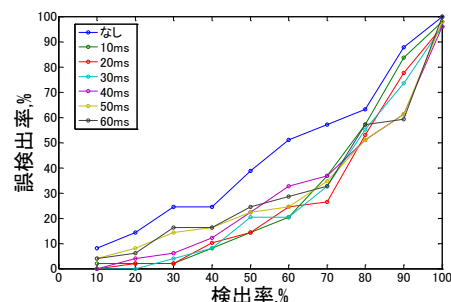


図5 窓の幅の影響 (予測誤差)

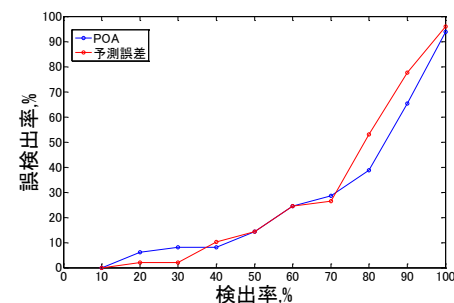


図6 検出性能の違い