

伸縮装置通過音による鋼製フィンガージョイントの異常検知に関する実験的検討

岐阜大学大学院 学生会員 ○加藤 瑳那子
岐阜大学 正会員 木下 幸治
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 正会員 多賀 翔一
株式会社 TTES 梅川 雄太郎
株式会社 TTES 菅沼 久忠
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋株式会社 正会員 小塚 正博

1. はじめに

2018 年 6 月 12 日東海北陸道下り線（美濃 IC～美並 IC 間）において、伸縮装置のフェースプレート破断による走行車両の損傷事例が報告された。伸縮装置は橋梁の桁端部に設置され、橋梁の温度変化による伸縮を可能にしている。この事例の他にも伸縮装置の損傷事例は報告されているが、伸縮装置の劣化・損傷速度は様々であるにもかかわらず、交通規制を必要とするような箇所では 5 年に 1 度の定期点検以外に点検を行う機会がないというのが現状である。こうした現状から、交通規制を伴わないような簡易的かつ正確な点検方法の開発が求められている。

一方で、伸縮装置の損傷事例の発生をもとに、既往研究¹⁾では鋼製フィンガージョイントを対象とした損傷メカニズムを明らかとしている。これによると、損傷段階が進むに従い鋼製フィンガージョイントの剛性が変化することから、剛性の変状が伸縮装置通過音の変状としてあらわれる可能性があると考えられる。

そこで本研究では、損傷段階を模擬した試験体を対象に、計測条件を変えて伸縮装置通過音を計測し、損傷検出可能な条件を検討するとともに損傷段階ごとにあらわれる特徴がないか検証した。計測結果は音圧の時刻歴データと、その高速フーリエ変換（以降、FFT）結果、及び時間周波数解析として、短時間フーリエ変換（以降、STFT）及びウェーブレット変換（以降、CWT）を用いて検証を行った。

2. 試験体概要と計測方法

酒井²⁾によると、鋼製フィンガージョイントがフェースプレート破断に至るまでの損傷メカニズムは、4 段階であることが報告されている。本研究ではこの 4 段階の損傷うち、1 から 3 段階までを模擬した試験体と健全なものを対象として計測実験を行った。表 1 に試験体の概要を示す。損傷段階ごとに、健全、損傷 I、損傷 II、損傷 III とした。

計測のマイクには RION 普通騒音計 NL-06 を用い、サンプリング周波数 25,600Hz で計測を行った。マイク設置位置は路側、車両外側、車両内部の 3 か所を検討し、通過車両は点検車と同程度の大きさである普通自動車と、総重量 20t の大型ダンプ車を用いた。また、伸縮装置通過時刻を確認するために、車外に GoPro を設置し撮影を行った。図 1 に使用した車両とマイク、GoPro 設置位置を示す。計測は 2 度実施した。1 度目は

表 1 試験体概要

試験体名	損傷部位			
	アンカープレート	リブプレート	ウェブプレート	フェースプレート
健全	健全	健全	健全	健全
損傷 I	損傷	健全	健全	健全
損傷 II	損傷	損傷	健全	健全
損傷 III	損傷	損傷	損傷	健全



(a) 20t 大型ダンプ車



(b) 普通自動車

図 1 通過車両とマイク設置位置

20t ダンプ車と普通自動車の車外前輪・後輪に、マイクと GoPro を設置し計測を実施した。また、伸縮装置の固有振動数を求めるため、ハンマー打撃音の計測も行った。2 度目は、1 度目の計測結果から車外の計測では走行音が支配的になることを確認したため、走行音やエンジン音の物理的な除去を目的に、車内での計測を追加した。また、車両重量によらず、普通自動車でも伸

キーワード：伸縮装置、損傷検知、高速フーリエ変換、短時間フーリエ変換、ウェーブレット変換
連絡先：〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学 社会基盤工学科 TEL (058) 293-2424

縮装置の通過が確認できたことから、車両を普通自動車に絞り計測を実施した。

3. 計測結果と解析方法

図-2, 3 (a) に各車両の車外での計測結果と普通自動車の車内の計測結果を示す。破線で示すのは、GoProで確認した前輪が各伸縮装置を通過した時刻である。車外での計測結果は車両によらず走行音が支配的となり、音圧の時刻歴データでは伸縮装置通過のタイミングが確認できないことがわかった。一方で、車内の結果では、走行音が小さくなったことで伸縮装置通過時の音圧の変化が確認でき、特に後輪が通過した際の音圧が大きく、伸縮装置通過を確認することができた。車内の計測音は伸縮装置とタイヤの接触音ではなく、車両により増幅された音だと考えられる。

この計測データを、周波数成分の大きさを調べるために FFT を行い、周波数成分の時刻歴での変化を捉えるために、時間周波数解析方法として、STFT と CWT を実施した。STFT は窓関数にハニング窓を用い、フレーム長 10,240 点、フレームシフト量 1,024 点で実施した。CWT についてはマザーウェーブレットに Morse wavelet を用い、これが対称かつ時間幅と周波数範囲の積が最小となるパラメータを適用した。

4. 解析結果

ハンマー打撃音の FFT 結果より、本研究で用いた伸縮装置の固有振動数は 1,451Hz であり、損傷段階がⅢに至ると 150Hz 程度小さくなることを確認した。これに対し車両側の計測音では、固有振動数ほどの高周波での変状は、どの解析方法においても確認できなかった。また、車外の計測音は、伸縮装置通過音以外の周波数成分が大きかったことから、STFT, CWT 結果においても変状を捉えるまで至らなかった。一方で、図-3 に示す車内計測音の解析結果では、伸縮装置通過時に、20~40Hz の周波数が表れることが確認できた。これは STFT, CWT ともに同様の結果が表れており、両解析手法で検出可能であると考えられる。

5. 結論

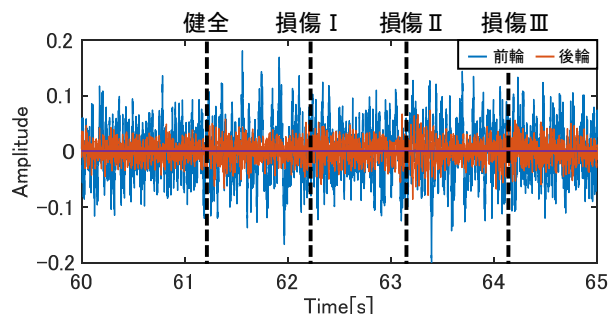
本研究より得られた結果を以下に示す。

- ✓ 本研究で対称とした伸縮装置の固有振動数は、1,451Hz であり、損傷段階がⅢまで進行すると、150Hz 程度小さくなることを確認した。
- ✓ 車内と車外の計測データの比較より、車内データは走行音とエンジン音が取り除かれ、通過音が増幅されていることを確認し、特に 20~40Hz に表れていることを確認した。このことから、車内計測音による異常検知の可能性を示した。

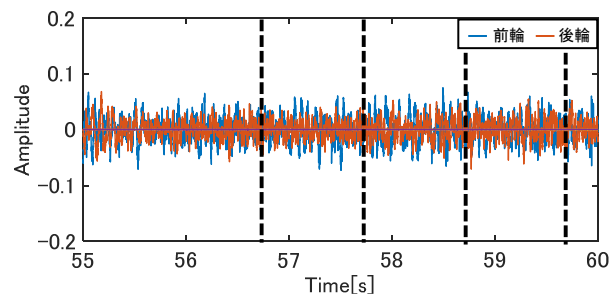
本研究で検出できた周波数帯は伸縮装置から直接発生した音ではなく、車内の増幅音の解析結果であるが、ここから損傷段階ごとの変状が確認できれば、車内計測による点検手法の開発につながると考えられる。

〈参考文献〉

- 1) 酒井ら：道路橋の鋼製フィンガージョイントの損傷メカニズム，鋼構造論文集，第 21 巻第 84 号，2014。

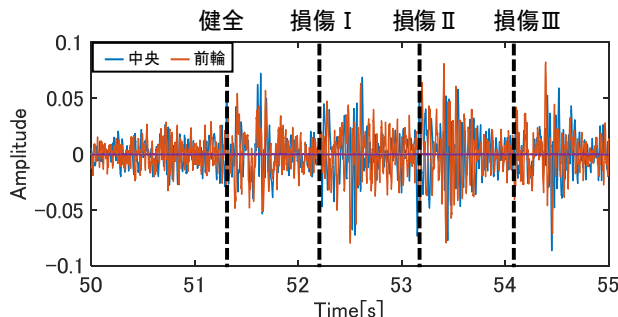


(a) 20t 大型ダンプ車 車外

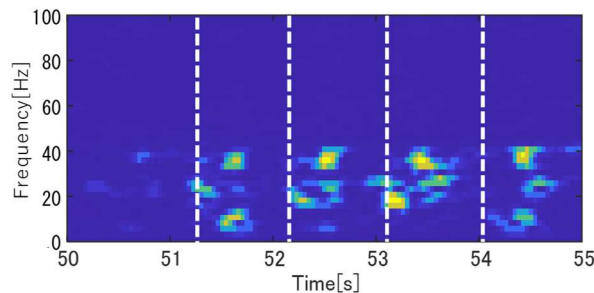


(b) 普通自動車 車外

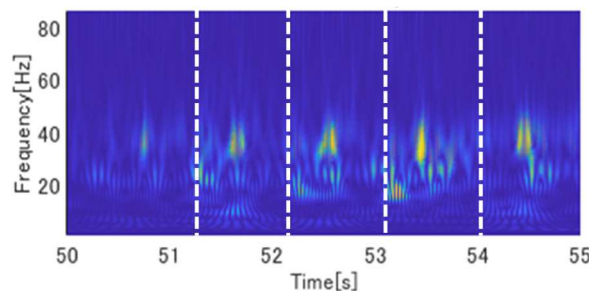
図-2 車外計測音



(a) 普通自動車 車内計測音



(b) STFT 結果(中央)



(c) CWT 結果(中央)

図-3 普通自動車車内計測データと STFT 及び CWT 結果