

# 疲労き裂を対象とした鋼製フィンガージョイントのスクリーニング検査手法の開発

西日本高速道路 エンジニアリング中国 (株) 正会員 ○白石展博, 前田良文, 旗見翔太  
原子燃料工業 (株) 正会員 松永嵩, 小川良太, 藤吉宏彰, 礪部仁博

## 1. 目的

伸縮装置は、大型車等の輪荷重を直接受け、さらには路面排水に曝されるといった厳しい環境で使用されるため、腐食やき裂等の変状が顕在化している<sup>[1]</sup>。一般的に、伸縮装置のき裂に対しては、目視や磁粉探傷試験等により損傷の有無を確認するが、伸縮装置下面の損傷に対しては、作業空間がなく、容易に検査者が入りこめないため、適用できない部位がある<sup>[2]</sup>。また、膨大な測定対象をすべて検査しうるほど、短時間かつ簡便な測定・評価手法はほとんどなく、評価対象を絞り込むスクリーニング検査手法の開発が望まれている。本報では、従来から用いられている打音法を応用した、AE センサを用いた打音検査技術（以下「本技術」という）による伸縮装置のスクリーニング検査の適用性を検討することを目的として、FEM 解析並びに現場調査を実施した結果について取りまとめた。

## 2. AE センサを用いた打音検査の概要

本技術で使用する装置は、AE センサ、計測ボックス、タブレット PC 等により構成され、図 1 に示すように測定対象に AE センサを手で押し当て、その近傍をハンマーで打撃することで、振動波形が得られる。この信号波形を高速フーリエ変換 (FFT) 処理することにより、複数の固有振動ピークを含む周波数分布を得ることができる (図 2)。本技術は、経年劣化や施工不良により形状や拘束条件、剛性が変化したことを固有振動周波数から評価することで、測定対象の健全性を評価する技術である。

## 3. 現場調査

### 3-1 調査対象の諸元及び測定位置

調査対象の伸縮装置の図面及び測定位置を図 3 に示す。この伸縮装置は、片側をボルトで架台に固定し、フィンガー部は単純支持されている構造をとっており、固定部及び支持部の間に於いて、フィンガー部下面に疲労き裂が生じる可能性がある。本調査では、フィンガー部の長さが 540 mm (タイプ 1 : 82 本) , 750 mm (タイプ 2 : 80 本) の 2 種類の伸縮装置のフィンガー部の振動測定を行った。

### 3-2 評価指標の検討

図 2 に示す伸縮装置フィンガーの周波数分布のうち、比較的強度が高く、全測定データで安定して抽出可能であった 2500 Hz 以下の領域 (図中ハイライト部) に生じる固有振動ピークの周波数を評価指標 (以下「評価ピーク周波数」という) とした。



図 1 AE センサを用いた打音検査 外観

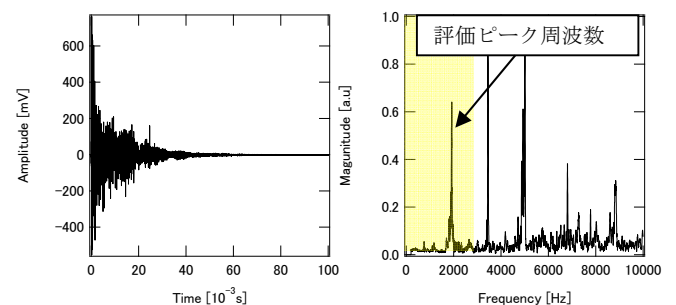


図 2 信号波形及び周波数分布

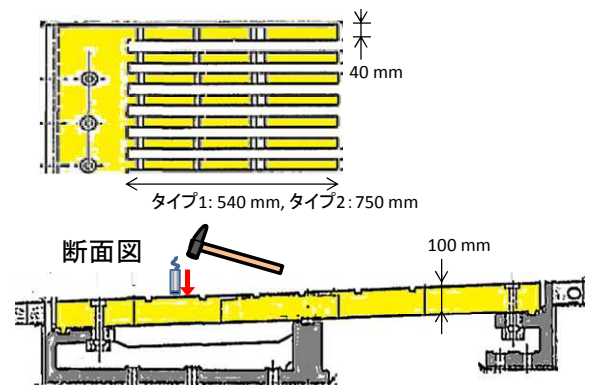


図 3 調査対象の図面及び測定位置

キーワード 伸縮装置, 非破壊, 打音, AE センサ, 固有振動数

連絡先 〒733-0037 広島市西区西観音町 2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国株式会社 TEL 082-532-1433

### 3-3 FEM 解析によるき裂と固有振動数の関係

図 4 はタイプ 1 の伸縮装置のフィンガー部の解析モデル及び解析結果を示す。ここでは、フィンガー部下面の支持機構、架台、フェースプレート固定部はモデル化せず、フィンガー部のみに着目し、中央部に幅 1 mm のき裂を付与したモデルを 4 種類(き裂による断面欠損率: 0%, 25%, 50%, 75%)の形状モデルを作成し、材料は SS400、拘束条件はフィンガー根元部で完全固定とした片持ち梁状態での固有値解析を行った。

着目周波数領域の固有振動数は、健全状態では 1521 Hz となり、断面欠損率の増加に伴い低下する傾向であった。

### 3-4 現場測定結果および考察

タイプ 1 (82 本)、タイプ 2 (80 本) の測定結果とその平均値、及び平均値±標準偏差のラインを表示した結果を図 5 に示す。

図 5 より、得られた評価ピーク周波数は、タイプ 1 では 1350 Hz 程度、タイプ 2 では 1900 Hz 程度の値が得られた。また、タイプごとの標準偏差は、それぞれ 100 Hz 以下に収まり、FEM 解析による変化量(断面欠損 50% で 500 Hz 程度)を考慮すれば、簡易的に異常を診断するスクリーニング検査へ適用しうる見通しを得た。

今回の現場測定において、平均値より大きく外れた値が得られた対象については、伸縮装置の構造的な要因(リブ、ウェブ、フェースプレートの端部等)もしくは、フィンガー部のき裂、腐食等の異常状態の可能性がある。

### 4. まとめ

AE センサを用いた打音検査技術による伸縮装置のスクリーニング検査の適用性を検討することを目的として、FEM 解析並びに現場調査を実施した。

- 伸縮装置のフィンガー部下面にき裂が生じることを想定した FEM 解析により、断面欠損率の増加に伴いフィンガー部の振動測定で得られる固有振動数は低下することが示された。
- 現場測定で得られた評価ピーク周波数は、標準偏差 100 Hz 以下のばらつきに収まり、FEM 解析による変化量(断面欠損 50% で 500 Hz 程度)を考慮すれば、簡易的に異常を診断するスクリーニング検査へ適用しうる見通しを得た。
- 今後の展開として、模型試験や FEM 解析による基礎データベース構築により、判定基準を策定し、本技術による現場試行と詳細試験(超音波探傷等)とを比較しながら、判定精度を明らかにする。

### 参考文献

- [1] 酒井修平ら、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、pp.9-21、2014
- [2] 村野益巳ら、超音波による伸縮装置フィンガープレートのき裂検出性能確認試験、土木学会第 66 回年次学術講演会、pp.489-490、2011

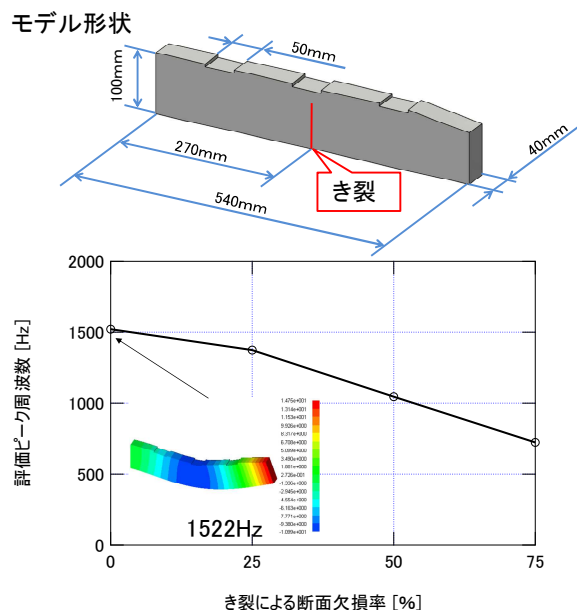


図 4 き裂に伴う固有振動数変化の解析結果  
(タイプ 1)

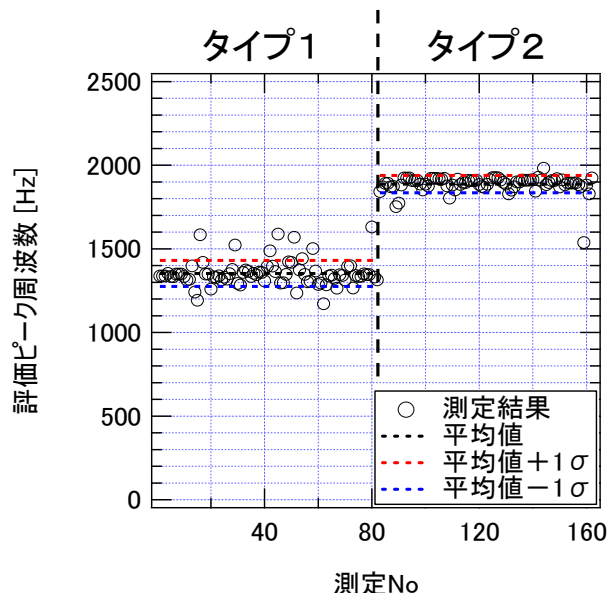


図 5 現場測定結果