

複数モード非線形共鳴超音波スペクトロスコピーを用いた閉じたき裂の位置特定の実験的研究

Experimental Verification of Localization of Closed Cracks Using Multi-Mode Nonlinear Resonance Ultrasound Spectroscopy

東北大工¹, ロスアラモス国立研究所², パリ第6大学³ ○小原 良和¹, B. E. Anderson², S. Hauptert³,
T. J. Ulrich², P.-Y. Le Bas², P. A. Johnson²

Tohoku Univ.¹, Los Alamos National Lab.², UPMC.³, °Yoshikazu Ohara¹, Brian E. Anderson²,
Sylvain Hauptert³, T. J. Ulrich², P.-Y. Le Bas², Paul A. Johnson²

E-mail: ohara@material.tohoku.ac.jp

1. 諸言

入射波振幅に依存した共鳴周波数シフトを利用した非線形超音波共鳴スペクトロスコピー (nonlinear resonant ultrasound spectroscopy: NRUS) が提案され、岩石・コンクリート・金属などのグローバルな非線形性を計測する実験的研究が行われてきた[1]。さらに、この発展として、局所的な非線形欠陥の位置特定法である、複数モードを用いた NRUS (Multi-Mode NRUS) が提案[2]されたが、その実験的検証はなされていなかった。そこで本研究では、閉じたき裂試験体に Multi-Mode NRUS を適用し、その実験的検証を行う。

2. Multi-mode NRUS の原理

非線形欠陥 (閉じたき裂等) が局在化する場合、振動モードに依存して共鳴周波数のシフト量は異なる。例えば、共鳴モードの節に非線形欠陥がある場合、入射波振幅に依存した共鳴周波数シフトは起こらない。一方、共鳴モードの腹に非線形欠陥がある場合、入射波振幅増大に伴い、き裂面の非線形振動に起因して共鳴周波数シフトが起こる。それゆえ、Multi-Mode NRUS では、共鳴周波数シフトの振動モード依存性を調べることで、局所的な非線形欠陥の検出および位置特定を行う。

3. 実験結果

Multi-Mode NRUS の原理実証試験のため、疲労き裂の先端から応力腐食割れを進展させた試験体を用いた[3]。PZT 探触子を試験片側面に接着し、励起電圧を 10 V~200 V (10 V 刻み) で変化させた。受信には、走査型レーザ振動計を用いた。その結果、共鳴ピークが観察されたが、 $f=4.28$ kHz の振動モード (Fig. 1(a)) では、き裂が節の部分にあることが分かった。一方、 $f=12.33$ kHz の振動モード (Fig. 1(b)) では、き裂が腹の部分に相当することが分かった。そこで、各共鳴周波数で励振電圧依存性を調べた結果、Fig. 2(a)では共鳴周波数のシフトは観察されなかった。一方、Fig. 2(b)では共鳴周波数シフトが観察された。これは、き裂が $f=4.28$ kHz の節、 $f=12.33$ kHz の腹に位置していたためと考えられる。以上より、Multi-Mode NRUS の基本原理が実証された。

参考文献: [1]P. A. Johnson, et al., *J. Geophys. Res.*, 101 (1996) 11553. [2]K. V. D. Abeele, *J. Acoust. Soc. Am.*, 122 (2007) 73. [3]Y. Ohara, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, 48 (2009) 07GD01.

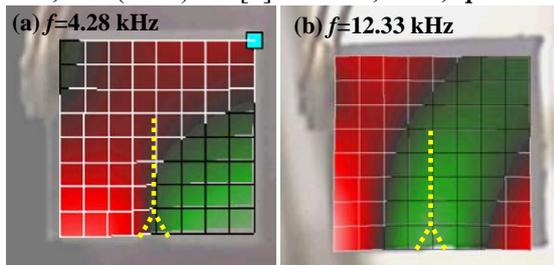


Fig. 1 振動モード

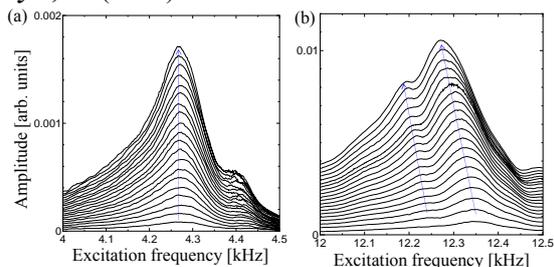


Fig. 2 共鳴スペクトルの励振電圧依存性