

Lamb 波の Lamè モードを用いた Non-colinear wave mixing 法の実験的検討

◎塚田颯太, 福田誠, 西平守正 (秋田大)

1 はじめに

超音波を用いた従来の非破壊検査法において閉じたき裂を検出する場合、き裂面間が密着しており入射した超音波がき裂部分を透過してしまいうため、反射や散乱が発生せず検出することができない。そこで大振幅の超音波による引張応力でき裂を開口させ、き裂面に開閉挙動を誘起することにより発生する非線形成分に着目した非線形超音波法が提案されている[1]。著者らも2次高調波を用いた検討を行っている[2]が、き裂以外から生じる不要な2次高調波の低減が課題である。

本報告では、不要な2次高調波の低減する非線形超音波による方法として、Lamb 波の Lamè モードを用いた Non-colinear wave mixing 法によって、閉じたき裂以外からの非線形成分を低減させる可能性を実験的手法より試みる。

2 Non-colinear wave mixing 法[3]について

非線形超音波探傷における wave mixing 法とは、閉じたき裂を有する検査対象に対し、2つの圧電振動子を用いて低振幅の超音波を伝搬させ、閉じたき裂において超音波を重ね合わせることで2倍の振幅を得る方法である[4]。1つの圧電振動子で閉じたき裂から2次高調波成分が生じるように大振幅の超音波を送波した場合、き裂だけでなく、超音波の伝搬過程、振動子と試料の接触面、増幅器などからも2次高調波成分が多く発生してしまい、2次高調波による閉じたき裂の検出が難しい。そこで、wave mixing 法を用いることで、き裂以外の2次高調波成分の発生を抑えることが可能とされる。特に、2つの超音波の伝搬経路が同一軸上にあるものを Colinear wave mixing 法、同一軸上に無いものを Non-colinear wave mixing 法と呼ばれている[5]。バルク波

を用いた wave mixing 法は、従来より多く報告されているが、Lamb 波を用いた方法は比較的少なく、近年報告されるようになってきている[6]。

著者らは、これまで Lamb 波の Lamè モードを用いて、Lamb 波の伝搬過程での2次高調波を抑える方法について検討してきた。本研究では、Lamb 波のラメモードと Non-colinear wave mixing 法を組み合わせることで、不要な2次高調波の抑制が可能であるか検討する。

3 実験方法

き裂のある厚さ2mmのアルミニウム平板、およびき裂のない厚さ2mmのアルミニウム平板を検査対象とし、Lamb 波の Lamè モードの周波数である1.05 MHzを振幅50 V_{pp}、正弦波10波で送波し、同じく Lamè モードの周波数である2.10 MHzで受波する。この時受波する圧電振動子と同一線上を0°とし、 $\theta=5^\circ$ ずらしていく。送波と受波の圧電振動子の距離は100 mmとする。比較対象として、同条件下の周波数で1つの圧電振動子から振幅100 V_{pp}、正弦波10波を送波し、 $\theta=0^\circ$ で受波する実験を行う。

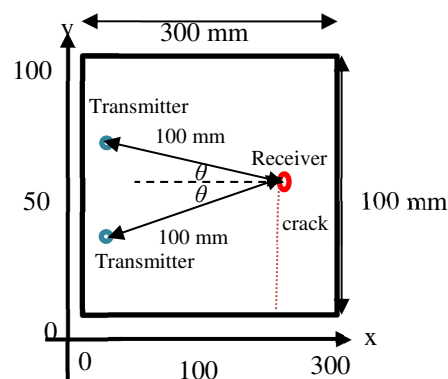


図1 測定システム

*Experiment of Non-colinear Wave Mixing Using Lamè Mode of Lamb Wave, by TSUKADA, Sota, FUKUDA, Makoto and NISHIHARA, Morimasa (Akita University).

4 結果と考察

一例として、き裂がある場合とない場合の $\theta = 10^\circ$ のときの出力波形を図2と図3に示す。出力波形をFFTし比較した結果を図4に示す。図4のFFT結果を比較すると、き裂がある場合の方がなき裂の場合に比べて基本波(1.05 MHz)の2次高調波成分(2.10 MHz)がわずかに増加していることが確認できる。

次に、き裂がある場合の試料において、従来法と、 $\theta = 10^\circ$ で wave mixing した場合のFFTの結果を図5に示す。従来法と wave mixing 法を比較し、従来通りの方が2次高調波成分の(2.10 MHz)が大きく検出されており、結合剤や増幅器からの2次高調波が多く含まれているものと考えられる。

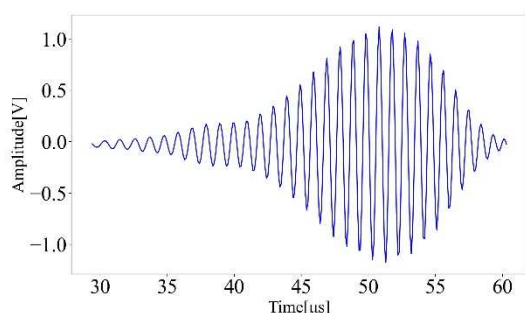


図2 $\theta = 10^\circ$ き裂なしの受波波形

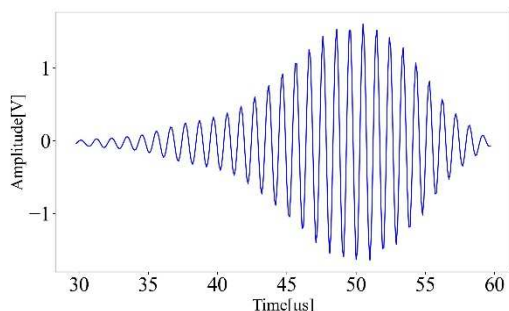


図3 $\theta = 10^\circ$ き裂ありの受波波形

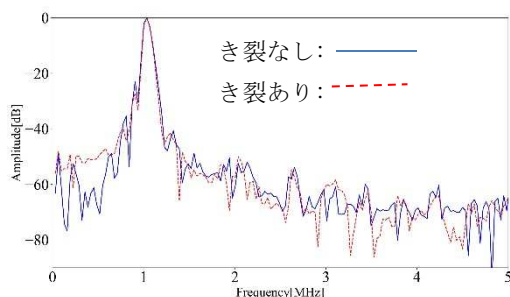


図4 FFT 結果

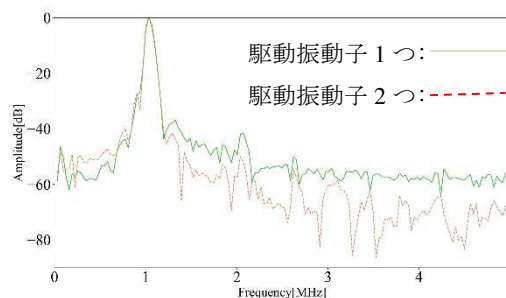


図5 駆動圧電振動子数でのFFT比較

5 おわりに

Lamb 波の Lamè モードによる閉じたき裂検出について、Non-colinear wave mixing 法を用いて、き裂以外からの非線形成分の低減を試みた。Wave mixing 法により、き裂がある場合の方がなき裂の場合に比べて基本波の2次高調波成分がわずかに増加していることが確認できた。また、従来法と wave mixing 法を比較した結果、不要な2次高調波成分が抑えられ、き裂の存在が判別しやすくなると考えられた。

今後の課題としては、基本波成分をパルスインバージョン法により除去して、2次高調波成分のみを抽出し、検討する必要がある。

参考文献

- [1] O Buck, W.L.Morris and J. M. Richardson, Appl. Phys. Lett, 33, pp. 371-373, 1978.
- [2] M. Fukuda, T. Harada and K. Imano, Acoust. Sci. & Tech., vol.36, no.2, pp. 175-177, 2015.
- [3] Jiao Jingpin, Meng Xiangji, He Cunfu, Wu Bin. Van Den Abeele, NDT&E International 85, pp. 63-71, 2017.
- [4] K. Kundu (ed.): *Nonlinear Ultrasonic and Vibro-Acoustical Techniques for Nondestructive Evaluation*, Springer (2018)
- [5] A. J. Croxford, et. al.: JASA Exp. Lett., 126(5), pp.EL117-EL122, (2009)
- [6] M. Aslam, et. al.: J. Nondestruct. Eval., 40(16), pp.1-12, (2021).