

L-47

強力空中超音波を利用した金属減肉部分の非接触診断 Non-contact diagnosis of metal thinning using High-intensity Aerial Ultrasonic Waves

○山田健太¹, 浅田裕介², 大隅歩³, 伊藤洋一³*Kenta Yamada¹, Yusuke Asada², Ayumu Osumi³, Youichi Ito³

Abstract: We have developed a noncontact method of nondestructive test using high-intensity aerial ultrasonic waves and optical equipment. In this report, as a basic study, we attempted to measure the propagation speeds of surface acoustic wave on the surface of metal to detect a thinning area in metal.

1. はじめに

高度経済成長期に建設された大型の構造物の多くは、近年、経年劣化が進んでおり、健全性を確保するために非破壊検査の重要性が増大している。このような中、筆者らは空中超音波を利用した非接触での非破壊検査を試みており、金属板の減肉部の可視化に成功している^[1]。一方、提案手法では表面波の伝搬方向によって可視化される減肉部のモードが異なるため、減肉部の正確な把握が難しい場合がある。この問題の解決方法の一つとして、予め表面波の伝搬方向に対しての減肉部画像をデータベース化しておき、実際の計測場面で照合していくことが考えられる。そこで、本報告では、その基礎検討として非対称な減肉部に対して提案手法を実施し、表面波の伝搬方向を変化させた際の減肉部画像について考察を行っている。

2. 計測原理

Fig.1 に計測原理を示す。図のように強力な空中超音波を固体に照射すると、わずかに固体内に侵入し、その音波の一部は、表面を伝搬する弾性表面波となる。図に示すように弾性表面波は、減肉部のような薄板部分では、モード変換され速度分散性を持つ Lamb 波となる^[2]。以上のことから、この Lamb 波伝搬を観測することで減肉部を可視化できる。本報告では、レーザドップラ振動計(以下、LDV)を利用することで、完全非接触での計測を実現している。

3. 実験方法

Fig.2 に、計測原理に基づいた実験装置の概略を示す。装置は、強力空中超音波を放射できる音源と振動を計測するレーザドップラ振動計(LDV)、およびその他の周

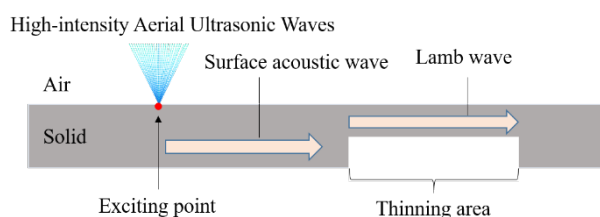


Fig. 1 Measurement principle

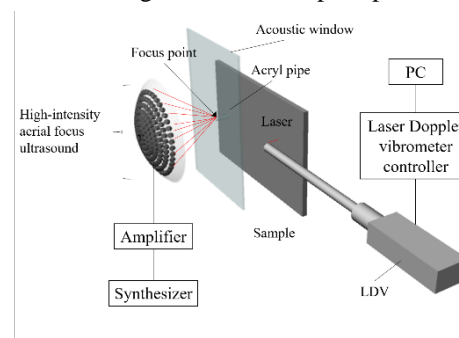


Fig. 2 Schematic view of experiment system

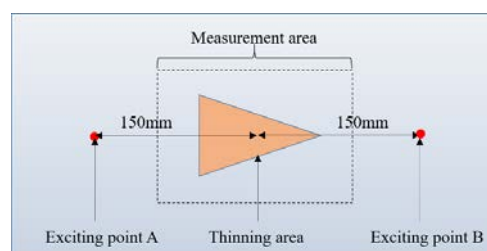


Fig. 3 Measurement sample

辺機器で構成されている。音源は、超音波振動子(駆動周波数: 40 kHz) 335 個を半径 150 mm の半球ドームに沿って配置した構造になっている。この音源は、供給電力 10 W 時に約 5800 Pa の強力な音波を集束点に発生させることが出来る。この強力音波の照射によって発生させた弾性表面波を、LDV で非接触計測する。なお、LDV は 3 軸の精密ステージにより正確に移動できるようになっている。計測のタイミングは、移動を完了した後 1 秒間待

1: 日大理工・学部・電気 2: 日大理工・院(前)・電気 3: 日大理工・教員・電気

機し、その直後の振動子印加電圧信号の立ち上がりトリガーとして、計測点の振動情報を取得する。

測定試料の概略図を Fig.3 に示す。実験で使用した試料は、寸法 $500 \times 340 \times 3 \text{ mm}$ のジュラルミンであり、試料の中央には厚さ 0.5 mm の減肉部を設けている。本実験では、加振位置による(図中の加振点 A, B) 伝搬の様子の差異を確認するために形状を三角形とした。また、加振点は図に示すように試料の中央から左右に 150 mm の位置とした。実験は、試料表面中央のエリア ($120 \text{ mm} \times 80 \text{ mm}$) に対して $2 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 間隔で計測を行った。なお、実験条件は印加電圧: 24 V , サイクル数: 10 サイクル, サンプル周波数: 1 MHz とし、計測時間: 10 ms で行った。

4. 実験結果

Fig.4 に示すのは、音源への入力信号を 0 s とした試料中央における振動速度の時間波形である。図に示すように、入射された音波は、金属板中を多重反射するためサイクル数に対して、十分に長い時間、表面を伝搬する。そこで、各時間における表面波伝搬を比較することにした。Fig.5(a)~(c)は、Fig.4 中に示す各々の時刻における計測領域の表面波伝搬の様子を示している。結果より、いずれの結果においても減肉部に振動モードが発生しているが、図(a)の時点では表面波の振幅が小さく、図(c)では板の端から反射波の影響で減肉部の伝搬の様子が不規則になっている。以上より、図(b)の結果が、加振点からの表面波伝搬の様子を観測しやすいことがわかる。そこで、この時刻を中心とした 1 周期分の時間帯で、加振点の違いによる減肉部の可視化比較を行うことにした。

Fig.6(a),(b)に $1/4$ 周期ごとの表面波伝搬の様子を示す。(a),(b)は、加振点を A および B とした際の結果である。まず、加振点 A の結果では、三角形の底辺から表面波がモード変換され、境界面での反射により三角形の頂点で、振幅が大きくなっているのが確認できる。一方、加振点 B の結果では、三角形の頂点からモード変換され、底辺に向かって音波が拡がるため、全体として振幅値が加振点 A の場合より小さくなる傾向が見られた。なお、モード分布のみを比較すると、それほど大きな差は見られない。

5. まとめ

強力空中超音波励起による弾性表面波を利用した金属

減肉部の非接触診断において加振点の違いによる減肉部の表面波伝搬画像に与える影響について実験的に検討を行った。その結果、加振点の違いによって、減肉部に侵入する表面波の経路が異なるため、伝搬画像の振幅値に影響があることが確認できた。

6. 参考文献

- [1] 大隅, 他, 音講論(秋), pp.113-114, 2018
- [2] 津島, 他, 材料, vol.42, no.474, pp.262-268, 1993

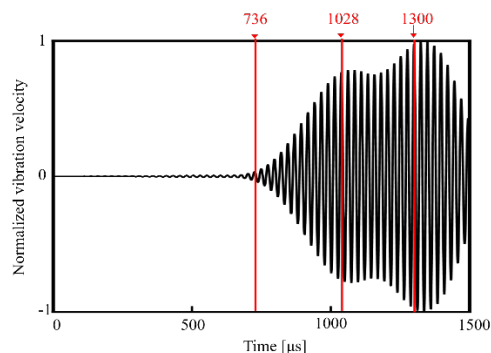


Fig.4 Time waveform

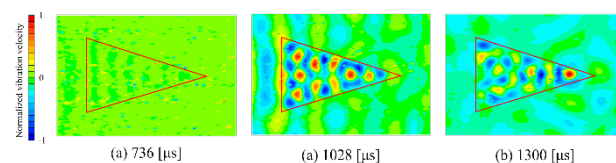


Fig. 5 Distribution of vibration velocity

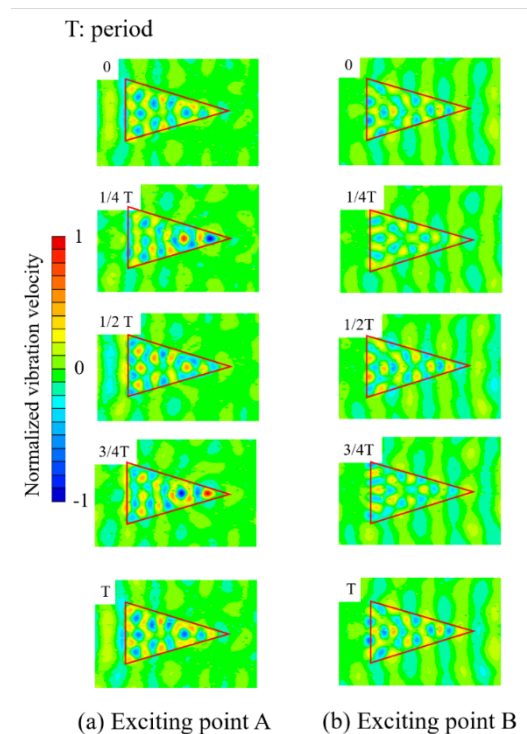


Fig. 6 Distribution of vibration velocity