A217 人工欠陥周りの超音波伝搬の可視化

高坪 純治[○] (中国工業技術研究所)、 今出 政明 (中国工業技術研究所)

Visualization of Ultrasonic Waves Propagating around Artificial Defects

Junji TAKATSUBO and Masaaki IMADE

ABSTRACT

We have developed a laser ultrasonic system for the visualization of elastic waves propagating on a solid surface. Scanning an optical heterodyne probe to measure surface transient displacements, ultrasonic waves in the frequency range up to 50MHz are detected and passed to a personal computer through a digital oscilloscope. The recorded signals are reconstructed to make 3-D displacement images at any propagation time. This system can produce a series of successive images as an animation of wave propagation. Using this visualization technique, we observed the scattering and diffraction of ultrasonic waves around various shapes of simulated defects, and examined its application to nondestructive inspection

Keywords: Visualization, Ultrasound, Laser, Nondestructive Inspection, Defect, Crack

1. 緒 言

超音波を可視化する方法としては、これまで音波による光の回折現象を利用したシュリーレン法¹⁾や、超音波応力による偏光現象を利用した光弾性法²⁾が知られているが、前者は気体中の音波を可視化するもの、また後者はガラスなどの透明な物体を伝わる超音波を可視化するもので、不透明な媒質の表面を伝わる超音波は可視化されていない。このため、有限要素法などの数値解析を利用したコンピュータ・シミュレーション³⁾⁽⁴⁾によって超音波の可視化が試みられているが、現在の計算機の進歩を持ってしても解析は容易でなく、精度の高い解析は単純形状のものに限られている⁵⁾。

著者らはヘテロダイン式レーザー変位計を固体表面上で2次元走査しながら表面弾性変位を検出し、パソコンに取り込んだ各点の変位を再構成することにより超音波の伝搬を可視化するシステムを開発した。本可視化技術は表面が平坦で鏡面に研磨できる媒体に限られるが、どんな複雑形状のものでも可視化が可能で、音波物性の研究や超音波診断技術の高度化・高精度化への貢献が期待できる。

2. 可 視 化 法

開発した超音波可視化システムを図1に示す。パルスステージに載せたヘテロダイン式レーザー変位計を2次元走査しながら試料表面にレーザービームを照射し、その反射光を捕らえて表面変位を検出する。レーザービームのスポット径は約 20 μm 、焦点距離は約 100mm である。また、パルスス

ジの最小駆動ピッチは 2 μm である。本システムで振幅 1 $\text{\AA}$ オーダ、周波数 50MHz までの超音波を可視化できる。被験体への超音波の入射法としてパルスレーザーによる熱励起超音波を利用した非接触発振法と圧電素子を利用した接触発振法の両方が可能であるが、前者では縦波の振幅が小さいことから本実験では後者の方法を用いた。100Hz 程度の周期で上記超音波を連続発振させ、試験片表面上 (x, y) 点における面外変位 $w(t)_{x,y}$ を発振時刻に同期をとりながら測定する。いま、測定範囲 10mm $\times$ 10mm を 0.1mm のピッチで測定したとすれば 100 $\times$ 100 = 10000 個の変位信号波形(データ長 500 ポイント) が計測収録される。これらの波形の任意時刻 t における振幅 $w(t)_{x,y}$ をパソコン画面の x y 平面上に連続表示させれば超音波伝搬の様子を動画で見ることができる。

Fig.1 Measuring system for visualization of ultrasonic waves

Fig.2 Propagation images of the ultrasound propagating around a slit and fatigue crack.

Fig.3 Propagation images of the ultrasounds propagating around cylindrical grooves with different depths.

3. 人工欠陥周りの超音波伝搬の可視化

ここでは、種々の形状をした人工欠陥周りの超音波伝搬の様子を可視化した例を紹介する。

図2は、スリットき裂と疲労き裂とで超音波の伝わる様子がどのように異なるかを見た図である。疲労き裂試験片はCT試験片を用いて疲労き裂を導入した後、切断加工して図に示すような試験片とした。き裂長さは約10mmである。また、スリットの深さは10mm、幅は0.3mmである。周波数5MHzの斜角探触子(90°)を図のように取り付け、スリットやき裂を横切る超音波を可視化した。開いたき裂(スリット)と閉じたき裂(疲労き裂)で超音波の伝わり方が全く異なることが分かる。前者では、超音波はスリットを回り込んで進むのに対し、後者では殆どき裂を透過して進んでいる。

次に腐食孔を想定して、図3に示すような円弧溝を有する試験片を作製し、溝に沿って進む超音波の伝搬の変化を可視化した。伝播距離が長くなるにしたがって超音波の速度分散が大きくなっていくことが分かる。また、その速度分散の程度は溝が深いほど大きくなっている。現在、これらの結果をもとにして、き裂長さや溝深さの非破壊測定法を検討している。

このように、眼で見ることによって超音波現象を容易に理解することができる。今後、伝播メカニズムの解明や新しい

超音波診断技術開発のためのツールとして有効に使ってきたい。

4. 結 言

固体表面を伝わる超音波の伝播の様子を可視化できるシステムを開発し、本システムを用いて人工欠陥周りの超音波伝搬の様子を可視化した。その結果、欠陥周りの散乱波、透過波、う回波の伝搬の様子が明瞭に観測され、本可視化法が超音波伝播メカニズム解明のための有用なツールであることが分かった。

参考文献

- (1) 根岸勝雄, 高木賢志郎: 超音波技術, 東京大学出版界, pp. 87-88.
- (2) 三原毅, 大塚康範, 長秀雄, 山中一司: 光弾性法によるレーザー超音波伝搬の可視化, 第6回超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集, (1999), pp. 112-117.
- (3) Ghorayeb, S.R., Xue, T. and Lord, W.: Ultrasonic Wave Propagation in a Tooth Phantom, Review of Progress in Quantitative Nondestr. Eval., Vol. 17B, pp. 1721-1728.
- (4) 川嶋紘一郎: デジタル信号処理を用いた超音波による非破壊材料特性評価, 電気製鋼, Vol. 68, No. 3 (1998), pp. 171-179
- (5) 三原毅: 光弾性画像処理法による超音波伝搬の可視化, 可視化情報, Vol. 18, No. 70 (1998), pp. 181-18