

京都大学大学院 フェロー ○小林 昭一

京都大学大学院 学生 賀 玲 鳳

京都大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

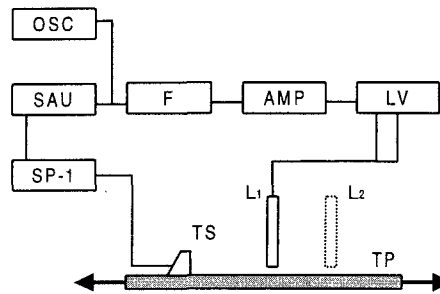
最近、非破壊検査の質を向上させる要請が強くなり、定量的に評価することはもちろん、できれば非接触で計測する方法なども要望されている。応力測定分野でもそのような要請は強く、非破壊でかつ稼働時の応力や残留応力を測定する方法の開発が期待されており、さらに将来は非接触で応力が推定できる方法の開発も望まれている。本研究は、このような要請に応じて、レーザードップラー振動計を用いて、超音波の伝播速度の測定を試み、その結果を基に超音波伝播速度－応力関係を求め、非接触レーザー超音波応力測定法の可能性を検討したものである。

2. 実験

2.1 装置

レーザードップラー振動計を用いた非接触超音波実験装置の概要を図-1に示す。大きく分けて、载荷装置、シングアラウンド装置（電波工業：UV-2、超音波の発信受信装置と時間計測装置とが組み込まれている）レーザードップラー振動計

（小野測器：LV-1300、



SAU: シングアラウンド装置
SP-1: パルス発信器
LV: レーザードップラー振動計
AMP: 増幅器
OSC: オシロスコープ
F: フィルター
TP: 試験片

図-1 実験装置

He-N ガスレーザー（波長：632.8nm）使用）である。なお、波形をモニターするためにオシロスコープ（レクロイ：9384TM）を、また出力を増強するために超音波発信装置（ソニックス：SP-1）を用い、雑音除去のためにフィルター（NF：FV-628B）、信号増幅のために増幅器（NF：5305）も併用した。载荷装置とレーザードップラー振動計の受光検知部は除振テーブルの上に設置し、周辺からの微小振動の影響を受けないように配慮した。また、振動計の受光検知部はレーザーのビームを顕微鏡の対物レンズを用いて絞り込む構造となっており、この検知部全体をマイクロメーターを用いて移動調節できるように設置した。

2.2 方法

中央部にひずみゲージを貼付した試験片（幅×厚さ×長さ＝20×5×200mm）を载荷装置に装着し、梃子で载荷した。負荷、除荷時には、ひずみの計測と同時に、試験片の表面に圧着した表面波発生用トランスデューサーを用いて1 MHzの表面波を入射し、それに伴う表面波の波動をレーザードップラー振動計を用いて、波動の伝播方向に約40mm離れた2点で測定し、その間の伝播時間を求めた。時間計測にはシングアラウンド装置を用いて、2測点でのシングアラウンド周期（遅延時間と伝播時間を加えたもの）を測り、デー

タをコンピュータに収録した。その時間差を取って伝播時間とした。

測定した表面波は数ナノメートルの振幅であり、最大でその振幅の数%程度のノイズを伴っていた。また、フィルターを通した後のシングア라운드の時間計測精度は0.1 ナノ秒程度であった。なお、載荷時には、わずかではあるが試験片に剛体変位が生じ、これが検出された信号を劣化させる原因ともなるようである。剛体変位を極力軽減するよう載荷装置を工夫したけれども、まだ不十分である。受光検知部はレーザービームを顕微鏡対物レンズにより絞り込み、検知部全体はマイクロメーターで微調整する構造にしてあるが、最良の受光状態に調節するためには苦勞した。受光状態がよいほど信頼性の高いデータが得られることとなる。

3. 結果と考察

図-2 にアルミニウム合金 (5052) について得られた応力と表面波の伝播時間の関係を示す。

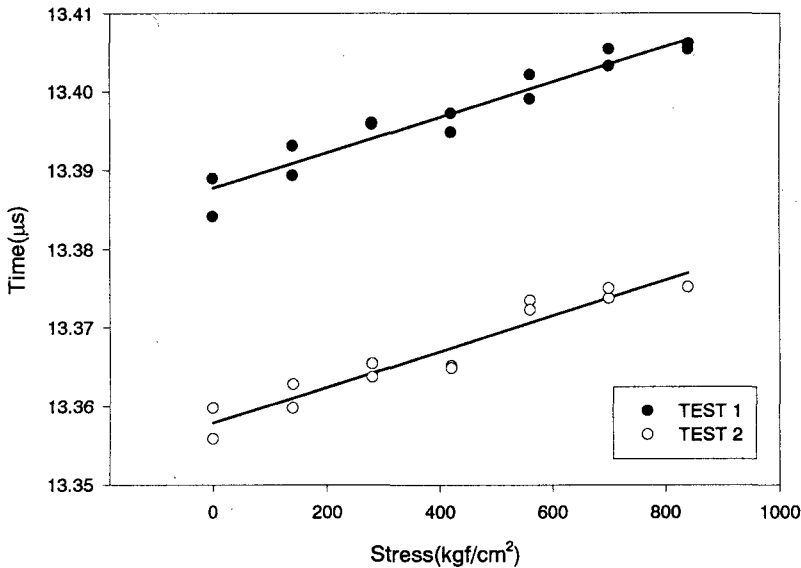


図-2 応力-伝播時間関係

この結果より、単位応力当たりの伝播速度の変化率（応力音弾性定数 C_{AE} ）を求めると、 $C_{AE} = -1.69 \times 10^{-6} / \text{kgf/cm}^2$ であった。この値は、2個の接触型表面波トランスデューサーを用いて測定した値¹⁾、 $C_{AE} = -1.23 \times 10^{-6} / \text{kgf/cm}^2$ より少し大きめである。

4. おわりに

レーザードップラー振動計を用いて超音波を検出し、応力変化に伴う伝播速度の変化率、応力音弾性定数を求めた。このような方法で音弾性定数を求めたのは恐らく世界でも初めてであろう。測定データにはばらつきはあり、不満は残るが一応の結果を得た。この実験では、載荷装置やレーザ振動計の検出部の取り付け方、（信号／ノイズ）比の改善など改良すべき点はまだ多く残っているけれども、非接触超音波応力測定の可能性が示されたと思う。さらに高い精度が得られるように、如何に改善するかが今後の課題である。

参考文献

- 1) S. Kobayashi: Stress Measurement by Use of Rayleigh Waves, RESIDUAL STRESSES-III (eds. H. Fujiwara et al.), pp.1109-1114, Elsevier Applied Science, 1992.