

I - A162

レーザー超音波応力測定

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

1. はじめに

構造物の健全度の診断には、稼働時の応力や残留応力を推定することが必要である。我々は、数年来超音波を用いた非破壊応力測定法の開発を試み、その適用可能性を示してきた。本研究は、その延長としてレーザードップラー振動計を用いた非接触超音波応力測定法を提案し、そ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。その構成要素は、載荷装置、シングア라운드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、

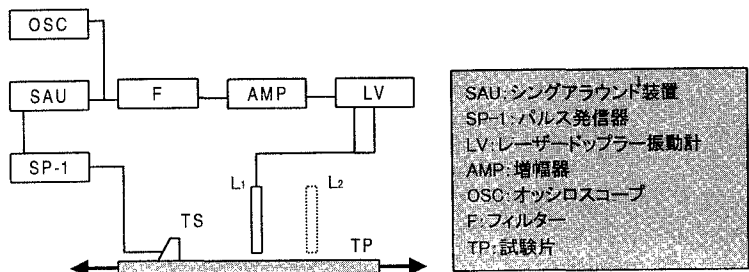


図-1 実験装置

（He-N ガスレーザー（波長：632.8nm）使用）、および波形測定とモニターのためのデジタルオシロスコープ（レクロイ：9384TM）である。なお、出力を増強するため、強力な超音波発信装置（ソニックス：SP-1）を接続し、シングア라운드装置からの送信パルスで駆動して、シングア라운드測定系に組み込んだ。また、雑音除去のためにフィルター（NF：FV-628B）、受信信号を増幅するために増幅器（NF：5305）も併用した。レーザードップラー振動計の受光検知部は、レーザー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上下に移動調節できるようにして、XY-ステージに設置した。このステージと載荷装置を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。

2.2 方法

ひずみゲージを貼付した試験片（幅×厚さ×長さ＝20×5×200 mm）を載荷装置に装着し、載荷した。負荷、除荷時には、ひずみ計測と同時に、試験片の表面に圧着した表面波発生用の楔型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、1)シングア라운드装置を用いて、2)測点でのシングア라운드周期（遅延時間と伝播時間を加えたもの）を10000回のシングア라운드で測り、データをコンピュータに収録し、その時間差を取って伝播時間とする方法、および2)デジタルオシロスコープにより1000回のスタッキングより得られた2測点での波動の伝播時間差を直接読み取る方法による。

超音波、非接触応力測定、レーザードップラー振動計、シングア라운드周期、デジタルオシロスコープ
〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科環境地球工学専攻 TEL:075-753-5114 Fax:075-753-5116

測定した表面波の振幅は数ナノメートルであり、検出波動信号は最大でその数％程度のノイズを伴っている。しかし、フィルターを通した後の時間計測精度は、1)の方法では0.1 ナノ秒程度、2)の方法では0.02 ナノ秒程度（オシロスコープ上の読み取りは 10^{-3} ナノ秒以上である）であった。また、載荷時には試験片に剛体変位が生じやすいが、剛体変位はレーザードップラー振動計の検出信号を劣化させる原因ともなるので、極力軽減するよう載荷装置を工夫した。さらに、受光検知部は顕微鏡の対物レンズによりレーザービームを絞り込んでいるので、焦点距離が浅いためか、最良の受光状態を保持するには苦勞した。なお、（信号／雑音）比のよい波動信号を得るためには最良に近い受光状態にする必要があった。

3. 結果と考察

図-2にアルミニウム合金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。

なお、この応力は、ひずみ計測（荷重を直接測定する代わりにひずみを測定した）結果より、応力に換算したものである。

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、次のようであった。

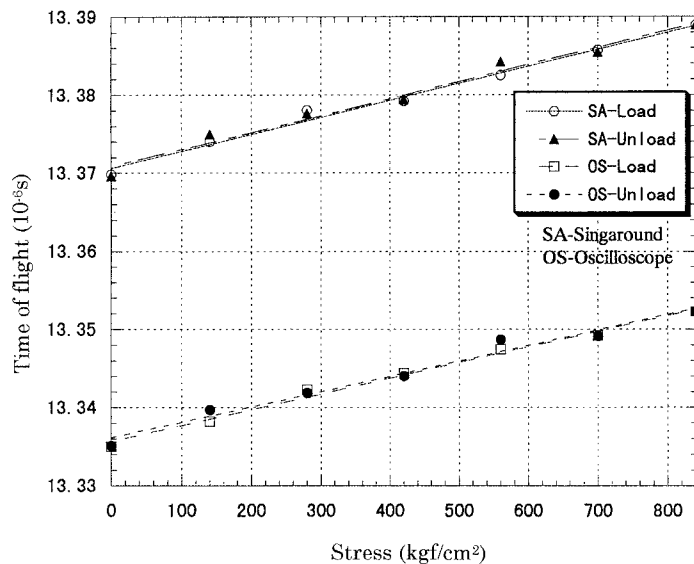


図-2 応力-伝播時間関係

1)シングア라운드測定結果から求めた値：負荷時（除荷時） $C_{AE} = -1.62(-1.63) \times 10^{-6} / \text{kgf/cm}^2$

2)オシロスコープの読みから求めた値：負荷時（除荷時） $C_{AE} = -1.51(-1.47) \times 10^{-6} / \text{kgf/cm}^2$

これらの値は、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⁾、 $C_{AE} = -1.23 \times 10^{-6} / \text{kgf/cm}^2$ より少し大きくなっている。真値については、さらに今後の検討が必要である。

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2つの方法で求めた。レーザードップラー振動計を利用して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。まだ少し測定データにばらつきがあり、不満は残るが一応の結果を得た。この実験では、載荷装置やレーザードップラー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幾つか残っているけれども、レーザードップラー計を用いる非接触超音波応力測定の可能性が示されたと思う。今後、さらに高い精度で安定した結果が得られるように改善し、感度の低い材料などにも適用することが課題であろう。

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.