

I-593 表面波による残留応力測定を試み

京都大学 正員 ○小林 昭一, 住友林業 会田 一美

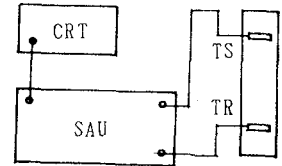
1. はじめに

弾性波の伝播速度の変化率は応力に比例することが知られている。この現象を音弾性と呼び、単位の応力変化に伴う弾性波の伝播速度の変化率を(応力)音弾性定数という。それを個々の材料について求めておけば、弾性波の伝播速度を測定することによって、逆に応力状態を推定することができる。この報告文は、弾性表面波を用いる残留応力測定の可能性を検討したものである。まず1)表面波を用いた音弾性測定法を述べ、2)音弾性定数を求め、3)溶接したアルミニウム合金板の残留応力を測定した結果を述べる。

2. 音弾性測定法

測定装置: シングアラウンド周期計測器を用いて弾性波の伝播速度を計測した。その測定系を図-1に示す。また、計測精度を高めるために、 10^3 回のアバレージングを行った。なお、波形のモニター用にオシロスコープを組み込んだ。

送受信トランスデューサー: 表面波の送受信には、くさび型及び線接触型の表面波トランスデューサー(いずれも試作品)を用いた。



SAU: シングアラウンド装置, CRT: オシロスコープ
TS(TR): 送(受)信トランスデューサー

図-1 測定装置

3. 表面波の音弾性定数

試験法: 上述のシングアラウンド周期計測法により、i)アルミニウム合金(5052及び2017)並びにii)軟鋼(SS41)の直棒試験片(20x12x400mm)について、それぞれ引張り試験及び曲げ試験を実施し、応力を漸増(漸減)しつつ、4cm間隔で試験片表面に圧着した送受信トランスデューサーにより試験片軸方向に伝播する表面波の伝播速度を計測した。その結果から、伝播速度の変化率を求め、音弾性定数を決定した。

音弾性定数: 表面波の伝播速度の変化は応力場に比例するので、一軸応力状態であれば、応力を σ 、伝播速度を v とすると、 $\Delta v/v_0 = K\sigma$ である。ここに $()_0$ は初期状態を示す。一方、表面波の伝播距離(トランスデューサー間の距離)を L 、伝播時間を T とすると、 $v = L/T$ 、よって、 $\Delta v/v_0 = \Delta L/L_0 - \Delta T/T_0$ となる。これらより、 $K\sigma = \Delta L/L_0 - \Delta T/T_0$ を得る。なお、この第1項はひずみを表している。ひずみが生じない場合には、それはゼロである。この式は次のことを意味している。i)ある応力場に対して、 $\Delta T/T_0$; $\Delta L/L_0$ が計測できれば、音弾性定数 K が求められる。ii)音弾性定数 K が求められておれば、 $\Delta T/T_0$; $\Delta L/L_0$ を計測することにより、応力場が決定される。特に、 $\Delta L/L_0 = 0$ の場合には、残留応力が求められる。

試験結果: 図-2に、応力とシングアラウンド周期との関係の一例を示す。このような試験結果を用いて表面波の音弾性定数を求めると表-1のようになる。なお、ひずみは別途に測定した結果を用いた。

4 残留応力の測定

シングアラウンド周期計測: 4cm間隔で固定した送受信トランスデューサー対を移動させながらシングアラウンド周期を計測した。計測には 10^3 回アバレージしたものを5回計測して平均を取り、更にそれを行き帰りに行って平均した(これは時間変化に伴う誤差を除くためである)。それによる計測精度は、板ガラスを用いて検証した結果、約0.6nsecであった。なお、カップラーとしてはシリコン・オイルを使用した。

残留応力測定結果: 中央部で直線状に溶接したアルミニウム合金(5052)板(220x200x10mm)について、溶

接線に並行な残留応力成分を推定した。なお、溶接線は圧延方向に並行及び垂直である。また、供試体表面の平滑度は約 $2\mu\text{m}$ となるように研磨した。測定結果の一例を 図-3 に示す。これより次のことが言える。
 i) 板の中央部は引張り、端部は圧縮状態にある。なお、溶接部分のピーク値は、材質の変化も考えられるので、そのまま信用することは危険である。ii) 残留応力状態では、引張り応力と圧縮応力とで自己釣合状態になければならないが、測定結果からはそれは判然としない。

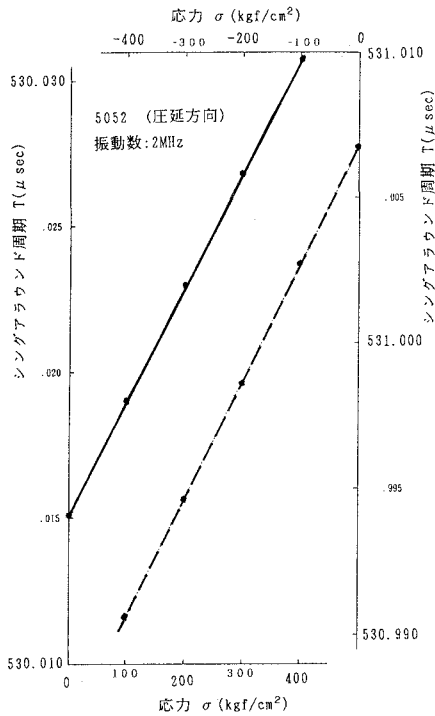


図-2 応力とシングアラウンド周期

表-2 表面波の応力音弾性定数

材料	5012	2017	SS41
圧延方向	-1.22	-1.24	-0.209
圧延垂直	-1.18	-1.21	-0.233

($\times 10^{-6}/(\text{kgf}/\text{cm}^2)$)

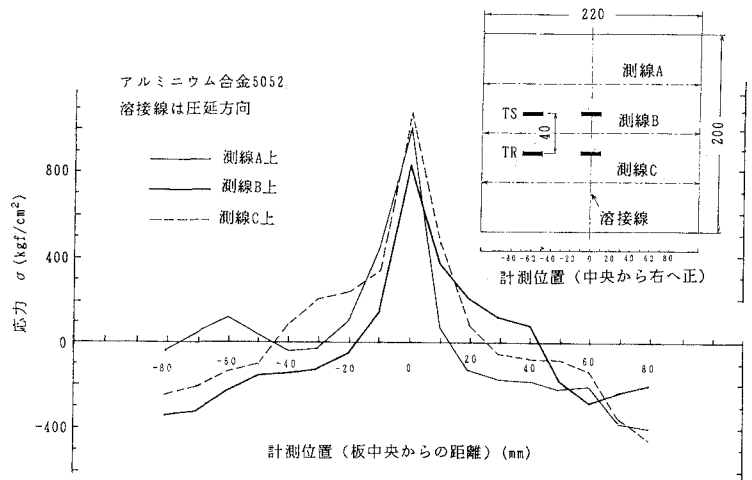


図-3 残留応力分布

残留応力測定上の改良点と可能性：a) 本実験のような接触型送受信トランスデューサーを用いる場合には、その接触条件を均一にすることは容易ではない。b) 接触条件を均一にするためには供試体表面を平滑に仕上げるのが必須である。c) 残留応力の測定精度は、送受信トランスデューサーの接触条件に支配される。現状では、 0.6nsec 精度の測定は可能である。これはトランスデューサー間隔を 4cm とした場合、接触面誤差で約 $1\mu\text{m}$ に相当している。d) これらの問題点を克服し、更に送受信トランスデューサーの接触条件をより均一にできれば、より高精度の測定が可能である。

5. おわりに

表面波による応力測定の精度は、i) 音弾性係数の測定精度、及びii) 送受信トランスデューサーと供試体表面との接触条件の均一度に支配される。特にii)については、今後改良を進めると共に非接触型の送受信トランスデューサーをも含めて検討が必要である。