

I-211

弾性表面波の音弾性定数

京都大学 正員 ○小林昭一, 学生員 呉 勲
フジタ工業 貴志 公一

1. はじめに

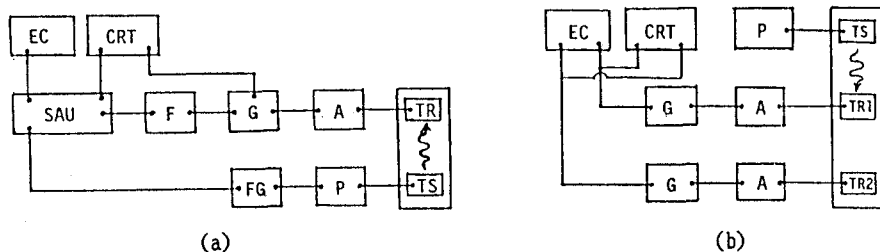
応力に伴って弾性波の伝播速度が変化する現象は音弾性と呼ばれている。音弾性は、縦波、横波及び表面波の全ての弾性波に認められ、第1近似としては、応力に比例した音弾性効果が考えられている。その比例定数を音弾性定数という。この音弾性定数を用いれば、弾性波の伝播速度を測定することによって応力状態を推定することができる。このような応力測定的基础となる音弾性定数は、個々の材料について実験的に求めなければならない。

この報文では、特に表面波について、音弾性定数を測定する方法を述べ、その測定結果を報告する。

2. 実験

2.1. 実験装置

表面波の音弾性定数を調べるためには、その伝播速度を正確に測定しなければならない。ここでは、二通りの装置を用いた。それらを図-1(a), (b)に示す。図-1(a)の装置の計測原理は、シングアラウンド測定法である。図-1(b)の装置の計測原理は、2点間の距離を伝播する波の伝播時間の直接計測である。



SAU:シングアラウンド装置, CRT:オシロスコープ, EC:カウンタ, F:フィルタ, G:ゲート, A:増幅器, FG:発信器, P:パルサー, TS:発信振動子, TR:受信振動子

図-1 実験装置

2.2. 表面波の発生と検出

図-1(a)の装置では、表面波の送受信振動子として、i)ポリメチルメタアクリレート (PMMA) 樹脂のクサビ部分の背面に厚み振動用の圧電素子 (PZT-7) を、鋼とかアルミニウム合金に対して、ちょうど表面波を発生するような角度 (垂直からほぼ 30° の角度) で接着したもの、及びii)先端部をナイフエッジに仕上げた鋼製のクサビ型振動子 (クサビ背面には厚み振動用の圧電素子 (PZT-7) が接着されている) を用いた。

図-1(b)の装置では、表面の波発生には上述のi)と同様なクサビ型振動子を用い、2個の受信振動子にはii)を用いている。

2.3. 供試体と測定法

供試体としては、アルミニウム合金及び鋼 (板厚12mm) を次のように整形した2種類のものを用いた。一つはの圧縮試験用に供する長方形板 (40x80mm), もう一つは曲げ試験用に長方形断面 (20x12mm) に整形した直棒 (長さ400mm) である。いずれの場合にも軸方向がロールの方向と平行及び垂直となるように仕上げた。供試体の測定面は、エメリーペーパー (600[#]) で磨き、平滑に仕上げた。

図-1(a)を用いた測定には、先ず無載荷状態での弾性波のシングアラウンド周期、ついで荷重を暫増、或は暫減して、その応力状態でのシングアラウンド周期計測を行った。なお、シングアラウンド測定では、測定系の固有の遅延時間(初期状態での遅延時間+回路の遅れ時間)も予め測定した。

図-1(b)による測定では、先ず無載荷時の受信振動子間の伝播時間を計測し、ついで引っ張り応力或は圧縮応力を暫増、及び暫減した時の伝播時間を計測した。

3. 試験結果と考察

3.1. 伝播速度の変化率

弾性波の伝播速度の変化率は、伝播速度を v 、伝播距離を L 、伝播時間を T とすると、

$$\frac{\Delta v}{v_0} = \frac{\Delta L}{L_0} - \frac{\Delta T}{T_0} \quad (1)$$

と与えられる。ここに、添え字0は初期状態を意味する。上式の右辺第1項はひずみを、第2項は伝播時間の変化率を意味している。これらが計測されることになる。

シングアラウンド計測では、

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{(S.A.P) - (S.A.P)_0}{T_0} = \frac{(S.A.P) - (S.A.P)_0}{(S.A.P)_0 - \tau_0} \quad (2)$$

である。ここに、 $(S.A.P)$ はシングアラウンド周期、 τ_0 は測定系固有の遅延時間である。

なお、圧縮試験では、振動子間の距離は一定に保っているの、ひずみは生じないことに注意されたい。

3.2. 時間計測結果

計測例として、曲げ試験について、アルミニウム合金の縁応力とシングアラウンド周期の関係を図-2に、鋼の縁応力と伝播速度の変化率との関係を図-3に示す。なお、 $\tau_0 = 515.42 \mu s$ であった。

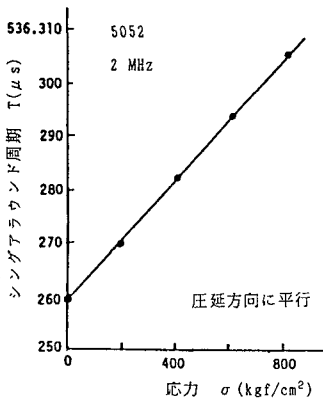


図-2 応力-シングアラウンド周期

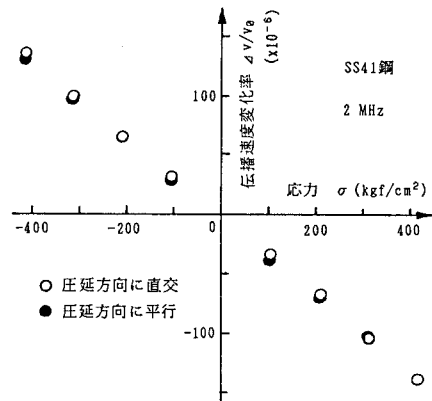


図-3 応力-伝播速度変化率

3.3. 応力に伴う表面波伝播速度の変化率

計測結果から応力 1 kgf/cm^2 当りの表面波の伝播速度の変化率 ($\Delta v/v_0$) を算定した。例えば、5052合金に関しては、装置(a)では -1.26×10^{-6} 、装置(b)では -1.31×10^{-6} を得た。また、装置(b)を用いて、2017合金では、 -1.26×10^{-6} 、純アルミニウムでは -1.72×10^{-6} 、SS41鋼では -0.32×10^{-6} を得た。

4. おわりに

上のように、表面波の音弾性定数を決定した。これを用いて、表面波の伝播速度の計測から、逆に残留応力を非破壊的に推定することができる。近い将来にその有効性も示されるであろう。