

I-337 表面波を用いた応力測定

京都大学 正会員 ○小林昭一， 東京大学 学生会員 板屋英治
 京都大学 学生会員 平井 茂， 関電技術研究所 正会員 吉川 太

1. はじめに

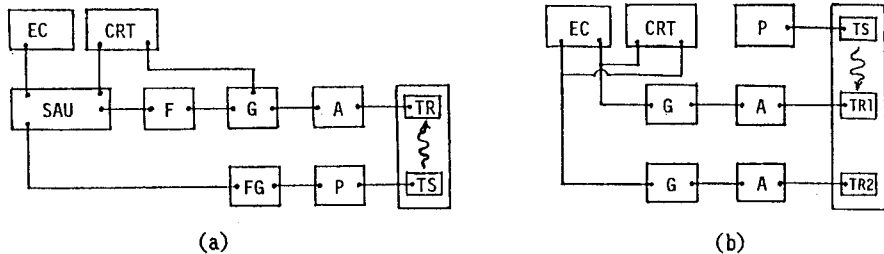
工業用材料では、微小変形の範囲では、応力はひずみに比例すると見なされている。しかし、厳密にはわずかに非線形性を示すことが認められる。この非線形性は、弾性定数が応力状態によって変化することを意味している。従って、その材料中を伝播する弾性波の伝播速度が応力の関数として変化することを示唆している。応力に伴って弾性波の伝播速度が変化する現象を音弾性という。音弾性は、縦波、横波及び表面波の全ての弾性波に認められ、第1近似としては、応力に比例した音弾性効果が考えられている。その比例定数を音弾性定数という。この音弾性定数を用いれば、弾性波の伝播速度を測定することによって応力状態を推定することができる。

この報告では、特に、表面波について、実験的に音弾性特性を調べ、音弾性定数を決定した結果を報告する。

2. 実験

2.1. 実験装置

この音弾性応力測定の基本は、表面波の伝播速度を正確に測定することである。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:カウンター, F:フィルター, 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、鋼製のクサビ型振動子を用いた。そのクサビ先端部は、ナイフエッジに仕上げられている。また、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。図-1 (b)の装置では、表面波発生用には異なったクサビ型振動子が用いられている。その振動子は、ポリメチルメタクリレート（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）が、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度の角度）で、接着されている。なお、受信振動子には、上述の鋼製のクサビ型振動子を用いている。

2.3. 供試体と測定法

供試体は、アルミニウム合金及び鋼（板厚12mm）から切り出した20x12x400mmの長方形断面の直棒である。棒の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。これを片持ちばりとして曲げ試験に供した。なお、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。

測定には、まず、無載荷状態での弾性波のシングア라운드周期、或は伝播時間を計測し、ついで荷重を暫増、或は暫減して、供試体の引っ張り応力、或は圧縮応力状態での時間計測を行った。なお、シングア라운드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）を予め測定した。

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は初期状態を意味している。上式の右边第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라운드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라운드周期、 τ_0 は測定系固有の遅延時間である。

3.2. 時間計測結果

アルミニウム合金の片持ちばりの緑応力とシングア라운드周期の関係を図-2に、また伝播時間との関係を図-3に示す。なお、 $\tau_0 = 515.42 \mu s$ であった。

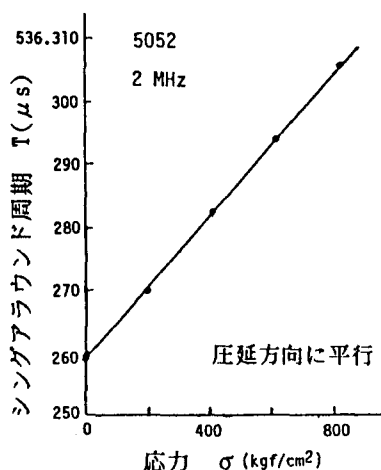


図-2 応力-シングア라운드周期

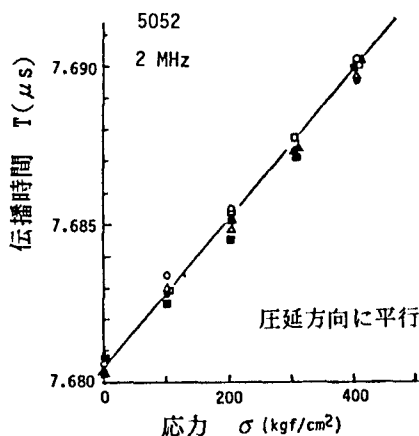


図-3 応力-伝播時間

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 -1.56×10^{-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 -1.62×10^{-6} 、SS41鋼では -0.31×10^{-6} を得た。

4. おわりに

上述の試験によって、表面波の音弾性定数を決定することができた。これより、表面波を用いて、残留応力を推定することの可能性が示唆される。現在、詳細な試験が続けられているので、近い将来にその有効性も示されるであろう。