

表面超音波速度の応力依存性

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

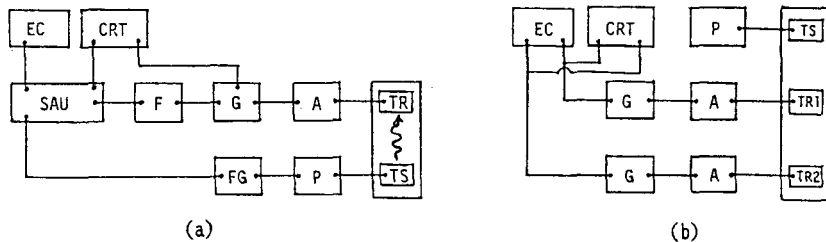
多くの工業用材料では、微小変形の範囲では、応力はひずみに比例すると見なされている。しかし、厳密にはわずかに非線形性を示すことが認められる。なお、岩質材料では、それが顕著である。これらの非線形性は、弾性定数が応力状態によって変化することを意味している。従って、その材料中を伝播する弾性波の伝播速度が応力の関数として変化することを示唆している。このように、応力に伴って弾性波の伝播速度が変化する現象を音弾性という。音弾性は、縦波、横波及び表面波のいずれにも生じることが認められ、第1近似としては、いずれのものも、応力に比例した音弾性効果が考えられている。その比例定数を音弾性定数という。これらは、2次及び3次の弾性定数の関数であることが理論的に示されている。

この報告では、特に、表面波について、実験的に音弾性を調べ、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

この実験装置の基本は、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、焼き入れが施されている。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、表面波発生用の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、丁度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。この振動子では、鋭い波を発生させるために、波の射出部分を狭くしてある。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
 Shoichi KOBAYASHI, Eiji ITAYA, Shigeru HIRAI, Futoshi YOSHIKAWA

した。なお、供試体の測定面は、エメリーペーパーで磨き、平滑に仕上げた。

測定には、まず、表面波用送信振動子、及び受信クサビ型振動子を装着し、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た。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を予め求めておくことが必要である。

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(初期状態での遅延時間+回路の遅れ時間)である。

3.2. 時間計測結果

アルミニウム合金(5052)の片持ちばりの縁応力とシングア라운드周期の関係の例を図-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。

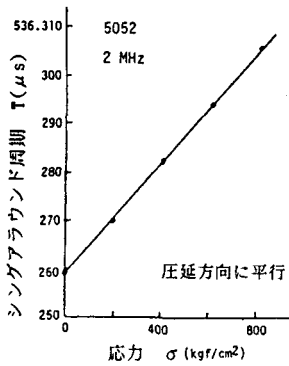


図-2 応力-シングア라운드周期

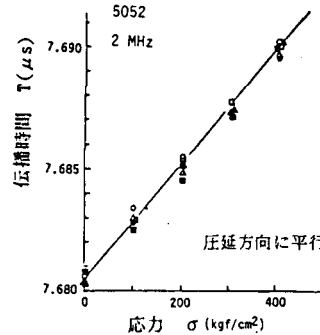


図-3 応力-伝播時間

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。両者間に約20%の差があるが、何れが高精度であるかは現段階では分からない。

4. おわりに

この報告は、予備試験結果をまとめたものである。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、詳細な試験が行われているので、近い将来にその有効性も示されるであろう。