

表面波伝播速度の応力依存性に関する研究

フジタ工業 正会員 ○岩本宏樹
 京都大学工学部 正会員 小林昭一
 京都大学工学部 学生会員 梅田 聡

1. はじめに

等方かつ均質な弾性体の応力-ひずみ関係は、弾性範囲内では普通、比例関係にあるとみなされている。しかし実際には、必ずかではあるが応力-ひずみ関係は非線形であり、応力に応じて弾性係数は変化する。この弾性係数の変化により、弾性体は音響的に異方性となり、ひいてはその中を伝播する弾性波の伝播速度が変化する。したがって、弾性波の伝播速度の変化を測定することによって弾性体内の応力の状態を逆に知ることが出来る。これを音弾性 (acoustoelasticity) という。音弾性特性は主として3次の弾性定数に支配されるといわれている。

本研究は、Rayleigh波の伝播速度の変化を測定することにより、供試体内部の応力状態を推定することを意図したものである。一般に土木構造物はかなりの厚さをもち、横波や縦波では減衰してしまうことが予想される。これに対して表面波 (Rayleigh波) は、距離減衰がほとんどなく、またその周波数を小さくすると、影響域は表面から次第に深い領域にまで及ぶため、周波数を適当に変化させて、3次元的な応力解析が行なえる可能性がある。よって、音弾性による応力解析に表面波 (Rayleigh波) を用いることは、工学、特に土木工学の分野においては非常に有効なことであると考えられる。

2. 実験手法

1) 実験装置

Fig. 1 に本装置のブロックダイヤグラムを示す。送受信用トランスデューサーとしては、固有振動周期 2 MHz の振動子を使用した。試料面への圧着にはくさび形の装置を用い、これを試料面へねじで締めつけて固定させるという方法をとった。両くさび間距離は終始 2 cm に固定した。伝播時間の測定は、シングアラウンド装置からの周期をユニバーサルカウンターで測定した。なお、送信力増強、周波数変換のためにファンクションジェネレーターを、また受信信号を増幅するためにアンプを、さらに余分な周波数の波を遮断するためにフィルターをそれぞれ用いた。

2) 実験方法

供試体としては、燐青銅、純アルミ、5212アルミ合金 (圧延方向が Rayleigh波の伝播方向と平行なもの

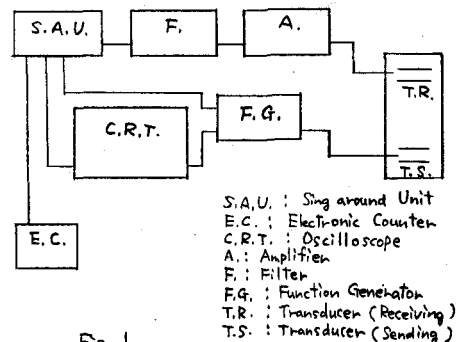


Fig. 1

Hiroki IWAMOTO, Shoichi KOBAYASHI, Akira UMEDA

と垂直なもの)の計4本の金属棒を使用した。これらの供試体を適当な長さの片持ちばりとして固定し、おもりを載せることにより曲げモーメントを作用させる。これを引張側、圧縮側各々について行ない、Rayleigh波の伝播時間を測定、記録した。

3. 実験結果

曲げモーメントがかかった時の矩形断面ばりの縁応力の σ は次式のように求められる。

$$\sigma = \pm \frac{M}{I} \frac{R}{2} = \pm \frac{6M}{bh^2} \quad (+は引張, -は圧縮を表す)$$

本実験ではシングア라운드周期で測定した。それは、(S.A.P.) = $T + T_0$ (T はRayleigh波が供試体内部を伝播する時間、 T_0 は遅延時間)として与えられる。

一方、Rayleigh波の伝播速度 V 及びその変化率 $\frac{\Delta V}{V}$ は次のように求められる。

$$V = \frac{L}{T}, \quad \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta L}{L} - \frac{\Delta T}{T} \quad (LはRayleigh波の伝播距離)$$

ここで、 ΔT は T と初期応力状態で T_0 の差として $\Delta T = T - T_0$ と求まる。また、 $\Delta L \neq 0$ (L は固定)であるので、 $\frac{\Delta L}{L}$ は無視できる。結局、 $\frac{\Delta V}{V}$ は、

$$\frac{\Delta V}{V} = - \frac{(S.A.P.) - (S.A.P)_0}{T} \approx - \frac{(S.A.P.) - (S.A.P)_0}{T_0}$$

となる。なお T_0 は、 $T_0 = (S.A.P.)_0$ - T_0 により、さらに T_0 は、edge間距離を変化させてシングア라운드周期を測定し、グラフ上でedge間距離が0の時のシングア라운드周期を読みとることにより求められる。この結果、 T_0 は516.79 μs と求められた。

Fig. 2は、横軸に縁応力の絶対値を、縦軸に伝播速度の変化率をもとて図示したものである。

4. 検討

Fig. 2から、Rayleigh波の伝播速度の応力依存性は、小さいけれども明確があることがわかる。しかも各結果ともほぼ直線的な変化を示している。各供試体に共通した特性として、Rayleigh波の伝播速度は、引張負荷を受けると小さくなり、圧縮負荷を受けると大きくなることはいえる。また、アルミ合金については、その圧延方向によりRayleigh波の伝播速度の応力依存性に違いがあらわれる、ということが確かめられた。

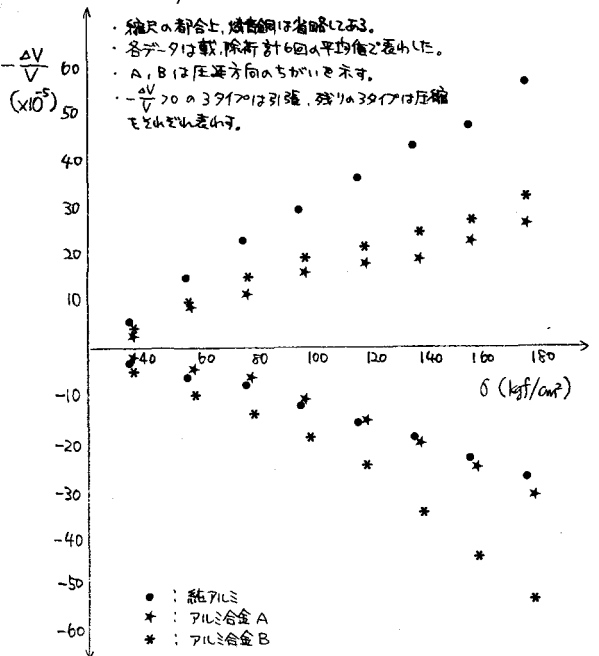


Fig. 2