

CS-204

Laser 速度計を用いた超音波トランスデューサの特性決定について

京都大学工学研究科	正会員	西村直志
京都大学大学院	非会員	上林 武夫
京都大学工学研究科	フェロー	小林昭一

1 序

著者らはこれまで境界積分方程式法を用いたクラック決定問題の解法を多数提案し、特に超音波計測を念頭に置いた動弾性クラック決定問題については、種々のバリエーションを取り扱ってきた。しかし、超音波トランスデューサの出力がどのような物理量に対応するのか、今一つ判然としない事が障害となっており、今まで実データのインバージョンを行うことは出来なかった。しかし、最近のレーザ計測技術の進歩によって超音波トランスデューサによって発生する弾性波動に伴う粒子速度の計測が可能になってきた。これによれば、数 MHz 程度の現象を非接触的に計測でき、供試体表面も鏡面に仕上げる必要はないので、今後この種の計測が非破壊評価において広く用いられるであろうと考えられる。しかし、波形情報を用いる超音波計測を行なおうとすれば、使用する入射波の性質を明確にしておかなければならない。そのため、前報 [1] では超音波トランスデューサに電氣的パルスを加える事によって供試体内に発生する超音波を、Laser による速度計測データを 2 次元逆解析して求めたが、必ずしも良好な結果を得ることは出来なかった。そこで本報ではこれを 3 次元解析に改める

2 実験の概要

図 1 に使用した供試体を示す。供試体はアルミ合金製の円筒である。この供試体を除振盤の上に支持し、ソニックス社製トランスデューサ(500KHz、振動面の直径 $d_0=15\text{mm}$)を取り付ける。カップラントにはシリコングリスを使用する。トランスデューサには RITEC 社製のパルスにより電気パルスを入力し、超音波を発生させる。レーザを用いた速度計測は、図中の測点 $P_1 \sim 5$ において行う。これらの点は 5mm 間隔とした。使用したレーザ振動計は小野測器製で、改造により測定可能周波数は 5MHz 以下である。レーザ振動計の出力は、デジタルオシロスコープ(LeCroy 社製)により 500 回スタッキングして S/N 比を高めた。なお、計測を行なう時間範囲においては供試体を半無限弾性体と見なすことが出来る。

3 逆問題の設定と解法

トランスデューサに一定の電気パルスが加わったとき、トランスデューサは供試体にある決まった時間関数形を有する力を及ぼすであろう。この力を等価力と呼ぶ。等価力が決定されれば、供試体内部の波動は順問題を解いて求めることが出来るので、考える問題は速度計測データから等価力を決定するものとなる。本報では更に簡単化して、等価力の作用方向は境界面に垂直であり、力の大きさ $p(t)$ はトランスデューサの断面内で一様であるものとする。結局考える問題は複数個の点 P_j ($j=1, \dots, N$) で $v^j(t)$ を時間の関数として計測し、積分方程式

$$v^j(t) = \int_0^t k^j(t-s) \dot{p}(s) ds \quad (j=1, \dots, N) \quad (1)$$

を解いて $p(t)$ を決定するものとなる。ここに v^i は点 P_i で観測された法線速度、 $k^i(t)$ は $p(t) = \delta(t)$ としたときの P_i における変位の法線成分である。考える供試体においては $k^i(t)$ は有名な Lamb の問題の解を重ね合わせることによって計算される。しかし、式 (1) を直接数値的に解こうとすると非適切性の為にうまく行かない。そこで Tikhonov の parameter ϵ を用いて安定化された積分方程式

$$\epsilon \dot{p}(s) + \int_0^T K(s, \tau) \dot{p}(\tau) d\tau = \sum_j \int_s^T k^j(t-s) v^j(t) dt, \quad K(s, \tau) = \sum_j \int_{\max(s, \tau)}^T k^j(t-s) k^j(t-\tau) dt \quad (2)$$

キーワード: 超音波トランスデューサ、Laser 速度計、逆問題

連絡先: 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5115, FAX 075-753-5066

を得る。ここに T は計測を行なった時間である。式 (2) は第 2 種 Fredholm 型の積分方程式であり、これを p について解くことが出来る。パラメータ ϵ はたとえば L curve を用いて決定すれば良い。

4 解析例

図 1 の供試体で $P_{1,2}$ における実験データを用いて p を推定し、これを用いて計算された $P_{3,4,5}$ の速度と、実測値を比較した。計算においては供試体の P、S 波速度をそれぞれ $c_L=6300\text{m/s}$ 、 $c_T=3000\text{m/s}$ とし、点 P_1 での立ち上がり時刻から $6\ \mu\text{s}$ のデータを用いた。Tikhonov のパラメータ ϵ は時間を $c_T t/d_0$ で無次元化した後 10^{-10} とした。図 2 には $P_{1\sim 5}$ での法線速度の実測値と計算値が示されている。実測値と計算値は良好な一致を示している。

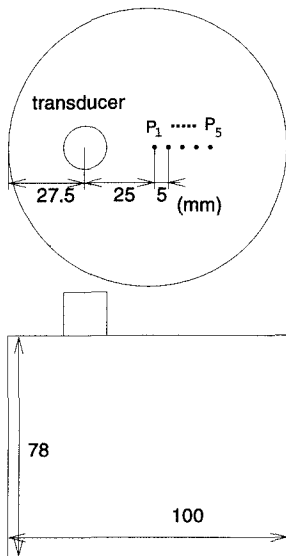


図 1: 供試体

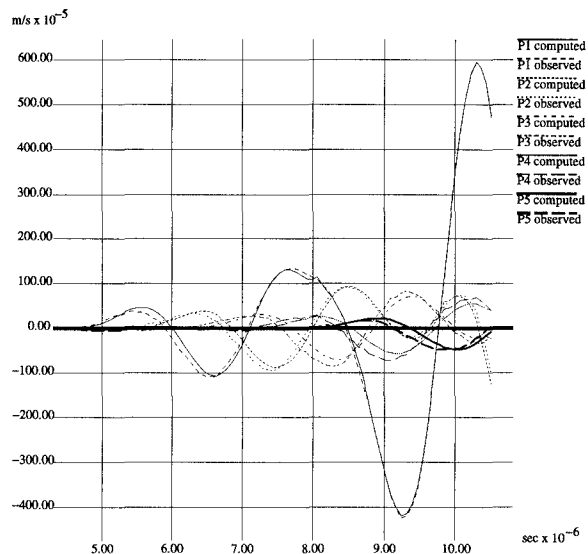


図 2: 実測値と計算値の比較

5 結言

本報の結果により、レーザ計測を用いた超音波非破壊検査の実用化のために必要であるトランスデューサの同定問題が精度良く解ける見込がついたものと考えられる。今後、クラック決定問題などへの応用を予定している。

参考文献

- [1] 西村、小林、境界要素法論文集, 13, 107-112, 1996