

# 超音波用渦電流変換器による衝撃波形観測 (I)

武平信夫\*・谷戸宗吉\*

## On the Impact Waveform Observation by the Eddy Current Transducer for Ultrasonics (1st Report)

Nobuo TAKEHIRA and Sokichi TANITO

### Abstract

The authors tried to apply the eddy current transducer for ultrasonics to the measurement of impact load. The apparatus is shown in Fig.3. The output signals were observed by synchroscope. We came to a conclusion that the transducer was useful for impact waveform observation.

### 1. 緒言

金属材料は工業的に衝撃荷重を受ける機会が多く、その荷重のかかり方、ひずみ速度などを調べることは、実用的にも学問的にも重要である。衝撃荷重の測定には、一般に次の4つの方法が研究されている。

- (a) 水晶圧電素子による方法<sup>1)</sup>
- (b) ストレンゲージによる方法<sup>2)</sup>
- (c) チタン酸バリウム磁器による方法<sup>1)</sup>
- (d) 容量変化を利用する方法<sup>3)</sup>

(a)を用いた装置は、極めて高価であるから一般的でなく、簡単に入手できない。(b)を用いたものは、最近の半導体ストレンゲージはかなり良いが、周波数応答に問題がある。この方法ではブリッジ回路などの付属機器を必要とする。(c)のチタン酸バリウム振動子を用いたものは、チタン酸バリウム振動子自体超音波振動子として盛んに用いられているくらいで、周波数特性はかなり良好である。だがこれとても相当高価である。(d)は周波数特性は良いが、平板電極で蓄電器を形成する必要があり、また微小容量検出器を必要とするなど、実用する場合相当困難をとまう。筆者らは、先に発表した超音波用渦電流変換器を使つて衝撃波形観測を試みた。ここでは200mmφの円形鉄板の周縁を固定し、円板の中心下方に、超音波用渦電流変換器(以下変換器と略す)を設置し、中心上方よりボールベアリング用鋼球を落下させて、変換器の出力電圧をシンクロスコープにて測定した。

### 2. 周縁を固定された円板の振動<sup>5)</sup>

縁を固定された円板の振動は Poisson その他によつ

て解かれているが、最低次の対称形振動姿態の振動数はつぎのように与えられる。

$$\omega = 2.92 \sqrt{\frac{E'}{\rho}} \frac{h}{a^2} \text{ (rad/sec) } \dots\dots\dots(1)$$

ただし  $E' : E/1 - \sigma^2$

$E$  : ヤング率

$\sigma$  : ポアソン比

$h$  : 鉄板の厚さ ÷ 2

$a$  : 円板の半径

使用した鉄製円板は、半径100mm、厚さ1.76mm、重さ407.5g、ヤング率 $20.6 \times 10^{11}$  dyne/cm<sup>2</sup>、ポアソン比0.28であるから、これを(1)式に代入して

$$f = 220 \text{ (Hz)}$$

を得る。

### 3. 衝撃荷重と周縁を固定した円板のたわみについて

Fig. 1のように周縁を固定した円板の中心に、重量  $W$ が落下する場合、円板の質量が落下重量の質量に比べて無視することができ、また円板には降伏点以上の応力は起らないものとすれば、衝撃の間に行なう仕事は全部円板の曲げひずみエネルギーに変換する。S. Timoshenkoによれば、衝撃点における最大動たわみ  $\delta$  はつぎのように与えられる。

$$\delta = \delta_{st} + \sqrt{\delta_{st}^2 + \delta_{st} v^2 / g} \dots\dots\dots(2)$$

ただし  $\delta_{st}$  : 周縁を固定した円板の中心に静荷重  $W$ を加えた場合のたわみ

$v$  : 落下速度

また重量  $W$ が落下する高さ  $H$ が  $\delta_{st}$  より大きいときは(2)式は

\*電気工学教室

$$\delta = \sqrt{\delta_{st} v^2 / g} \quad \dots\dots\dots(3)$$

となる。  $W=2.0086g$ とした場合の衝撃荷重とたわみ  $\delta$ との関係をFig. 2 (計算値)に示す。

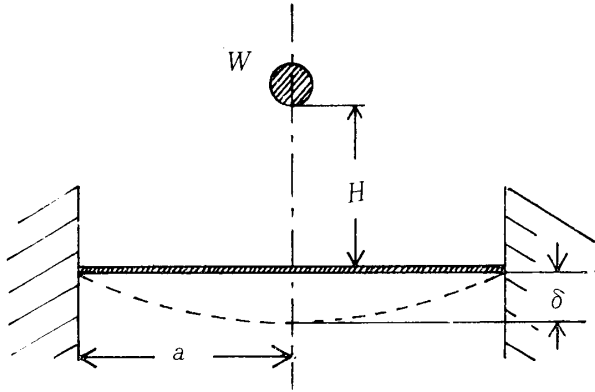


Fig.1 Impact applied to the circular plate clamped at the edge

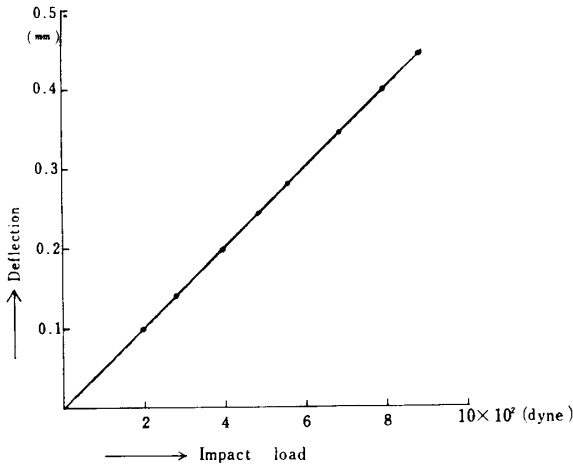


Fig.2 Impact load-deflection relationship

4. 振動板と変換器との距離と、変換器出力電圧との関係について<sup>4)</sup>

振動板の厚さが表皮電流深さに比べて十分大きければ、距離  $d$ と変換器出力電圧  $e$ との間にはつぎのような関係がある。

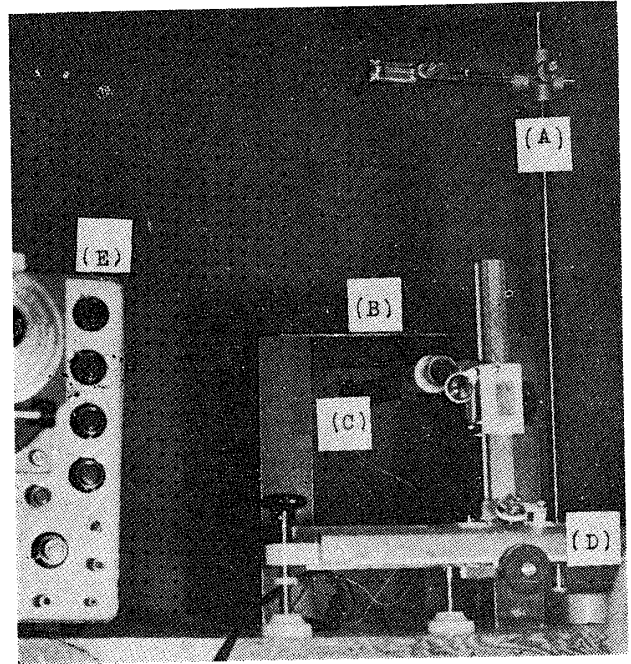
$$e = k \frac{\text{振動振幅}}{d} \cos \omega t \quad \dots\dots\dots(4)$$

ただし  $k$  : 比例定数

これより明らかに変換器出力電圧は振幅に比例し、距離  $d$ に反比例する。

5. 実験装置及び実験方法

Fig. 3が実験装置である。(A)は鋼球(重さ2.0086g)落下用鉄製スタンドである。(B)は鉄製円板で、



- (A) stand for dropping a steelball
- (B) circular iron plate
- (C) eddy current transducer
- (D) travelling scope
- (E) synchroscope

Fig.3 Experimental apparatus

中心に195mmφの穴をあけた正方形鉄板2枚を使って円板を固定してある。(C)は変換器でFig. 4に示すような構造をもっている。Ba フェライトはマグネットピンとして市販されているものから取り出した。エナメル線のBa フェライトへの固着には、アロンアルファ#201を使用した。

実験方法としては、まず(C)の位置にダイナミックマイクロホン(クラウン MD-145)を設置し、シンクロスコープで円板の共振周波数を測定した。つぎに読取顕微鏡にベークライトボビンの腕木を取付け、その

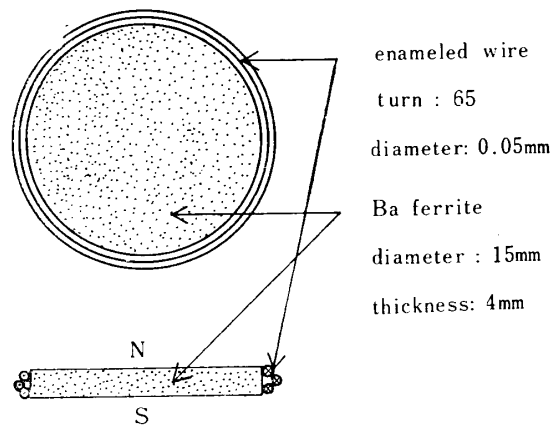


Fig.4 Construction of pic up

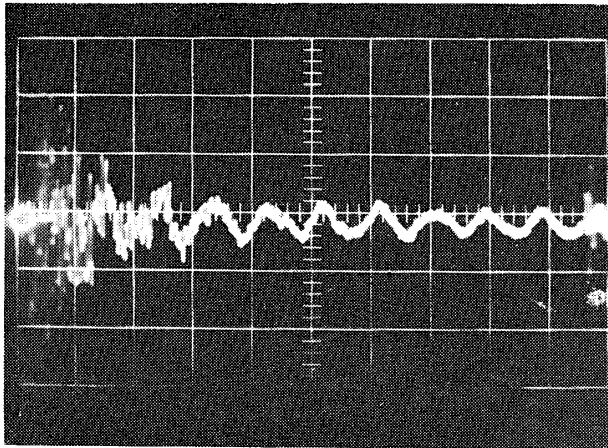
先端に変換器を装着した。その変換器を円板の中心下方に設置し、変換器と円板との距離  $d$  を 0.5mm, 1mm, 2mm, 4mm に固定し各々の場合に高さ  $H$  を 5cm~80cm に変化させて、鋼球を注意して落下させ、変換器の出力電圧をシンクロスコープにて観測した。

6. 実験結果

円板の共振周波数を求めるためのダイナミックマイクロホンの出力波形は Fig. 5 の通りである。これから共振周波数  $f_r$  を求めると

$$f_r = 218 \text{ (Hz)}$$

で先に求めた理論値と良く一致しており、円板の周縁固定が適当であることを示している。



5 m sec/div. 0.05v/div.

Fig.5 Resonance frequency oscillogram of the circular plate

つぎに  $d=0.5\text{mm}$ , 1mm, 2mm, 4mm とした場合の衝撃荷重と変換器出力電圧との関係を Fig. 6 に示す。測定値はいずれも良く直線性を示している。 $H=80\text{cm}$  付近では、いくぶん直線からずれているが鋼球の落下位置が高くなると、注意して落下させても、円板の中心からずれてくるからと考えられる。Fig. 7 に測定波形の 1 例を示す。また距離  $d$  と変換器出力電圧  $e$  との関係を Fig. 8 に示す。これによると  $d$  と  $e$  とはほぼ双曲線をなし(4)式と傾向が良く一致している。

7. むすび

衝撃荷重と超音波用渦電流変換器出力電圧とは良い直線性を示し、衝撃波形の観測には十分利用できることがわかった。本方式の特長を列挙すると

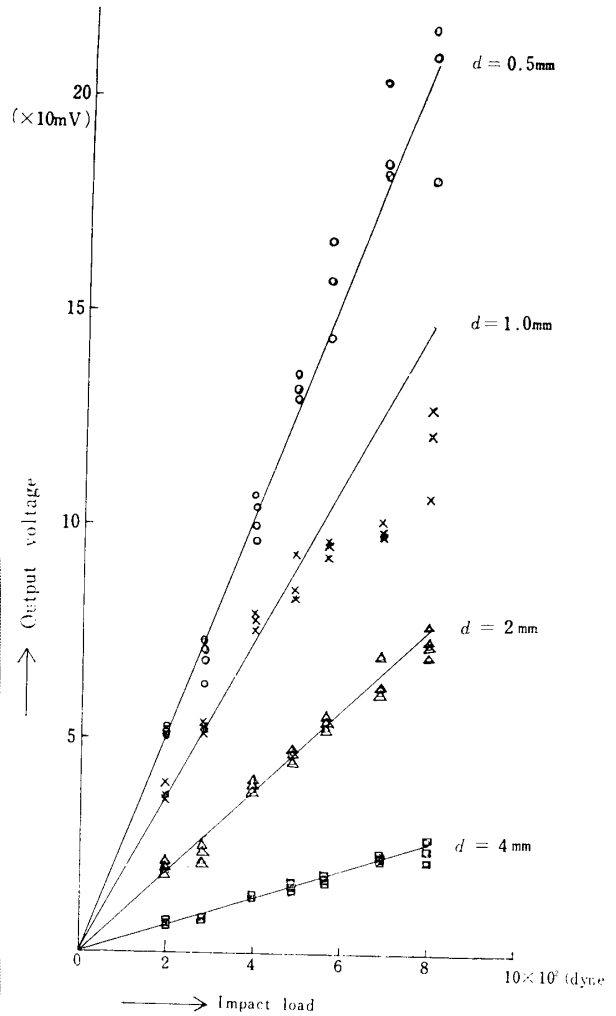
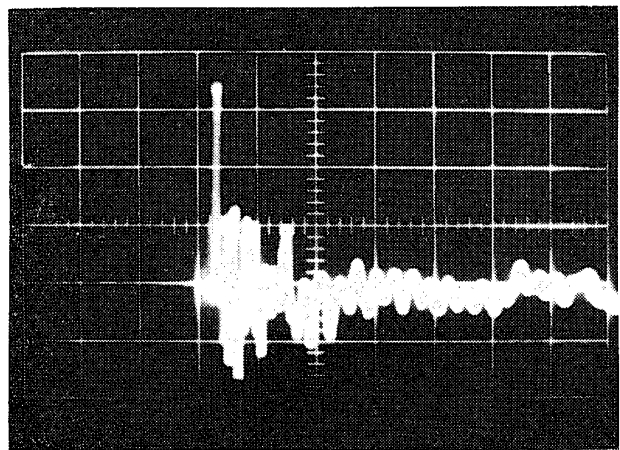


Fig.6 Impact load-output voltage relationship



1 msec/div. 0.01v/div.

Fig.7 Impact waveform of a circular plate

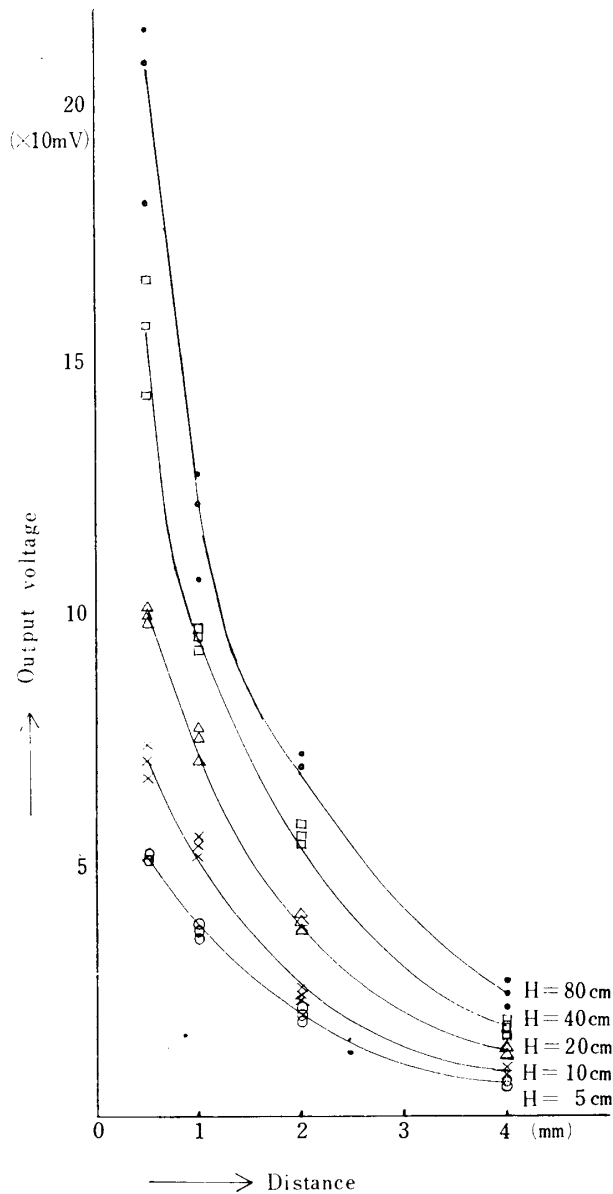


Fig.8 Distance-out-put voltage relationship

- (イ) 構造が極めて簡単である。
- (ロ) 非接触の状態での測定できる。
- (ハ) 周波数応答が良好である。

Ba フェライトとエナメル線があれば良いのであるから材料の入手も容易で、先に記した(a)(b)(c)(d)のいずれよりも廉価である。製作も短時間でこなせる。また非接触の状態で使用できることは(a)(b)(c)(d)と比較して大きな利点である。被測定物にほとんど影響を与えることなく測定できる。超音波用渦電流変換器は数 100K Hz の振動まで観測できることが確認されているので<sup>4)</sup>、衝撃波観測には有利である。しかしながら超音波用渦電流変換器の特性についてはまだ十分に解明されておらず、周波数レスポンスの問題も含めて、衝撃波との関連を明らかにしてゆきたいと思っている。

終りに日頃ご指導を賜わる戸田圭一講師、および本実験に協力された昭和42年度卒論生大田幸彦、瀬藤一彦、中林茂樹、野上明宏の諸君に深く感謝の意を表わす。

#### 参 考 文 献

- 1) 織笠桂太郎他：室蘭工業大学研究報告，5，789 (1966)
- 2) 五十嵐伊勢美：日本機械学会誌，65，1712 (1962)
- 3) 大畑他：日経レビュー，9，1 (1955)
- 4) 戸田圭一，武平信夫：計測自動制御学会第6回学術講演会予稿集 531 (1967)
- 5) 伊藤 毅：音響工学原論，上，コロナ社 (1965) p.149
- 6) S. Timoshenko (片山，北島訳)：材料力学，上，コロナ社 (1955) p.175

(昭和43年1月20日受理)